



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**ANALISA PERBANDINGAN PERENCANAAN PONDASI
TIANG PANCANG MENGGUNAKAN BERBAGAI
MACAM METODE PADA PROYEK APARTEMEN THE
FRONTAGE SURABAYA**

ARIF AFRIYANTO
NRP. 3114 106 013

Dosen Pembimbing I
Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT.

Dosen Pembimbing II
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PhD.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**ANALISA PERBANDINGAN PERENCANAAN PONDASI
TIANG PANCANG MENGGUNAKAN BERBAGAI
MACAM METODE PADA PROYEK APARTEMEN THE
FRONTAGE SURABAYA**

ARIF AFRIYANTO
NRP. 3114 106 013

Dosen Pembimbing I
Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT

Dosen Pembimbing II
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PhD

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RC14-1501

**COMPARISON ANALYZED DESIGN OF DRIVEN PILE
FOUNDATION WITH VARIOUS METHOD IN
APARTMENT PROJECT OF THE FRONTAGE
SURABAYA**

ARIF AFRIYANTO
NRP. 3114 106 013

Supervisor I
Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT

Supervisor II
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PhD

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2017

**ANALISA PERBANDINGAN PERENCANAAN
PONDASI TIANG PANCANG MENGGUNAKAN
BERBAGAI MACAM METODE PADA PROYEK
APARTEMEN THE FRONTAGE SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Geoteknik

Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ARIF AFRIYANTO

Nrp. 3114 106 013

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Pembimbing I :

1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT

Pembimbing II :

2. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc, PhD



**SURABAYA
JANUARI, 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA PERBANDINGAN PERENCANAAN PONDASI TIANG PANCANG MENGGUNAKAN BERBAGAI MACAM METODE PADA PROYEK APARTEMEN THE FRONTAGE SURABAYA

Nama Mahasiswa : Arif Afriyanto
NRP : 3114106013
Jurusan : Teknik Sipil FTSP - ITS
Dosen Pembimbing I : Dr. Yudhi Lastiasih, ST.,MT
Dosen Pembimbing II : Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar,
MSc. PhD.

ABSTRAK

Perencanaan pondasi tiang yang selama ini dilakukan menggunakan metode angka kemandan tunggal, dimana bila menggunakan angka kemandan tunggal maka terjadinya perubahan umur rencana bangunan tidak terantisipasi sehingga probabilitas keruntuhannya menjadi lebih besar seiring dengan meningkatnya umur rencana bangunan. Oleh karena itu untuk mengantisipasi perubahan terhadap umur rencana bangunan maka diusulkan perencanaan pondasi tiang dengan menggunakan metode Load Resistance Factor Design (LRFD).

Dalam tugas akhir ini penulis menganalisa perbandingan perencanaan pondasi tiang pancang menggunakan metode konvensional, statistik, dan probabilistik atau LRFD, dengan studi kasus pada proyek Apartemen The Frontage Surabaya. Perencanaan daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan metode konvensional adalah berdasarkan angka keamanan (SF) tunggal, dipakai $SF = 3$. Metode statistik digunakan untuk menentukan parameter fisis tanah berupa N-SPT, berat volume jenuh (γ_{sat}), dan kekuatan geser undrained (C_u). Sedangkan metode probabilistik menggunakan angka pengali berupa faktor

reduksi yang digunakan untuk menentukan daya dukung ijin tanah.

Metode konvensional untuk perhitungan daya dukung tiang pancang diameter 80 cm menghasilkan kebutuhan jumlah tiang sebanyak 1077 buah dengan kedalaman 36 m. Metode statistik menghasilkan jumlah tiang 1076 buah dengan kedalaman 34,5 m. Kemudian metode probabilistik menghasilkan kebutuhan jumlah tiang sebanyak 1047 buah dengan kedalaman 32 m.

Biaya material untuk perhitungan dengan metode konvensional adalah sebesar Rp 38.772.000.000, metode statistic Rp 37.122.000.000, dan metode probabilistic sebesar Rp 33.504.000.000. dari hasil perhitungan disimpulkan bahwa metode probabilistik merupakan metode yang paling efisien.

Kata kunci : Pondasi, tiang pancang, Safety Factor, LRFD, konvensional, statistik, probabilistik, Apartemen The Frontage Surabaya

COMPARISON ANALYZED DESIGN OF DRIVEN PILE FOUNDATION WITH VARIOUS METHOD IN APARTMENT PROJECT OF THE FRONTAGE SURABAYA

Nama Mahasiswa : Arif Afriyanto
NRP : 3114106013
Jurusan : Teknik Sipil FTSP - ITS
Dosen Pembimbing I : Dr. Yudhi Lastiasih, ST.,MT
Dosen Pembimbing II : Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar,
MSc. PhD.

ABSTRACT

Foundation design all this time use single safety factor method, where if we use single safety factor method thus the changes of building age will not be anticipated so probability of failures become bigger along with building ages. Therefore to anticipate the changes of designed building ages so foundation design with Load Resistance Factor Design (LRFD) method is suggested.

In this final project, author analyze comparison of design of driven pile foundation between conventional method, statistic and probabilistic, or LRFD, with case study apartement project of The Frotage Surabaya. Design of driven pile foundation with conventional method is depend on single safety factor, $SF = 3$. Statistic method is used to determine soil parameter like N-SPT, saturated unit weight(γ_{sat}) and undrained shear strengh (Cu). Whereas probabilistic method use multiplied factor like reduction factorthat used to detemine allowable bearing capacity.

Conventional method to calculate bearing capacity of pile foundation D80 cm resulting 1077 piles with depth 36 m. Statistic

method resulting 1076 piles with depth 34,5 m. Then probabilistic method resulting 1047 piles with depth 32 m.

Cost of material with conventional method is Rp 38.772.000.000, statistic method is Rp 37.122.000.000, and probabilistic method is Rp 33.504.000.000. the conclusion is probabilistic method is most efficient.

Keyword : Foundation, Driven pile, Safety factor, LRFD, Conventional, Statistic, Probabilistic, The Frontage Apartment Surabaya

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “*Analisa Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Berbagai Macam Metode Pada Proyek Apartemen The Frontage Surabaya*”.

Penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dan keluarga dari penulis yang telah memberikan doa, kasih sayang, dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT dan Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PhD selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Teman-teman seperjuangan Lintas Jalur S-1 angkatan 2014 Genap dan semua rekan mahasiswa Teknik Sipil ITS lainnya.
4. Kakak dan Adik tingkat Lintas Jalur S-1 alumni Diploma Teknik Sipil UGM yang sudah banyak memberikan ilmu, pengalaman, serta arahan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya mahasiswa teknik sipil.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	i
Abstrak	iii
Abstract	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Lokasi	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Tujuan	5
1.6 Manfaat	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pondasi	7
2.2 Pondasi Tiang Pancang.....	7
2.3 Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang	8
2.3.1 Metode Konvensional	8
2.3.1.1 Mayerhof dan Bazara	8
2.3.1.2 Luciano Decourt	10
2.3.1.3 Reese O'Neil	11
2.3.2 Metode Probabilistik	12
2.3.2.1 Usulan LRFD	12
2.3.2.2 Penerapan LRFD	14
2.4 Parameter Fisis Tanah	14
2.4.1 Korelasi NSPT	14
2.4.2 Pembuatan Stratigrafi	15
2.4.3 Penentuan Parameter Tanah	16
2.5 Daya Dukung Tiang Pancang Grup	18

2.5.1	Pmax 1 Tiang	18
2.6	Perencanaan Tebal Poer	18

BAB III METODOLOGI

3.1	Bagan Alir	21
3.2	Studi Literatur	22
3.3	Pengumpulan dan Analisa Data	23
3.4	Perencanaan Pondasi Tiang Pancang	23
3.5	Perhitungan Biaya Material	23
3.6	Kesimpulan	23

BAB IV DATA TANAH DAN ANALISA DATA PERENCANAAN

4.1	Data Tanah Dasar	25
4.2	Data <i>Standard Penetration Test</i> (SPT)	25
4.3	Korelasi Data Tanah	28
4.4	Penentuan Parameter Tanah dengan Dist. Statistik	33

BAB V PERENCANAAN PONDASI

5.1	Gambaran Umum	37
5.2	Kriteria Desain	37
5.2.1	Spesifikasi Tiang Pancang	37
5.3	Daya Dukung Tiang Pancang	38
5.3.1	Metode Konvensional	39
5.3.1.1	Formula Mayerhof dan Bazara	39
5.3.1.2	Formula Luciano Decourt	46
5.3.1.3	Formula Reese and O'neil	53
5.3.1	Metode Statistik	60
5.3.2.1	Formula Mayerhof dan Bazara	61
5.3.2.2	Formula Luciano Decourt	68
5.3.2.3	Formula Reese and O'neil	75
5.3.3	Metode Probabilistik	82
5.3.3.1	Formula Mayerhof dan Bazara	82
5.3.3.2	Formula Luciano Decourt	89
5.3.3.3	Formula Reese and O'neil	96

5.4	Perbandingan Daya Dukung Ijin	103
5.5	Penentuan Kedalaman Tiang Pancang	105
5.6	Perhitungan Jumlah Tiang	106
5.7	Konfigurasi Pondasi	107
5.7.1	Efisiensi Tiang Pancang Grup	108
5.7.2	Daya Dukung Ijin Tiang Grup	108
5.7.3	Hitung Pmax dan Pmin Satu Tiang	109
5.7.4	Kontrol Material	109
5.7.5	Tinjauan Geser Dua Arah Akibat Kolom	109
5.7.6	Tinjauan Geser Dua Arah Akibat Tiang	110
5.8	Penulangan Pile Cap	111
5.9	Perhitungan Biaya Material	112

BAB VI KESIMPULAN

6.1	Kesimpulan	113
6.2	Saran	114

DAFTAR PUSTAKA	xvii
-----------------------------	------

BIOGRAFI	xix
-----------------------	-----

LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kurva NSPT Gabungan Titik BH-1 & BH-5 di Frontage	2
Gambar 1.2	Lokasi Proyek Apartemen The Frontage Surabaya	4
Gambar 3.1	Diagram Alir Tugas Akhir	22
Gambar 4.1	Kurva N-SPT Gabungan Titik BH-1 s.d. BH-5...	27
Gambar 5.1	Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Konvensional dengan formula Mayeerhof dan Bazara.....	45
Gambar 5.2	Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Konvensional dengan formula Luciano Decourt .	52
Gambar 5.3	Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Konvensional dengan formula Reese O'Neil	59
Gambar 5.4	Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Statistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara.	67
Gambar 5.5	Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Statistik dengan formula Luciano Decourt	74
Gambar 5.6	Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 dengan formula Reese O'neil (Metode Statistik).....	81
Gambar 5.7	Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara	88
Gambar 5.8	Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Luciano Decourt...	95
Gambar 5.9	Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Reese O'neil	102

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Koefisien Dasar Tiang α (Decourt & Quaresma,1978; Decourt dkk,1996)	11
Tabel 2.2	Koefisien Selimut Tiang β (Decourt & Quaresma,1978; Decourt dkk,1996)	11
Tabel 2.3	Faktor Adhesi untuk Selimut Tiang Bor pada Tanah Lempung (Kulhawy dan Mayne, 1990).....	12
Tabel 2.4	Perbandingan Faktor Reduksi Tahanan, Faktor Beban dan SF antara SNI dan Usulan	13
Tabel 2.5	Perbandingan Faktor Reduksi Tahanan, Faktor Beban dan SF antara SNI dan Usulan (N = 50 tahun)	13
Tabel 2.6	Faktor Beban dan Reduksi Tahanan Yang Dipakai Dalam Perencanaan Pondasi	14
Tabel 2.7	Hubungna antar parameter tanah untuk tanah lempung atau lanau	15
Tabel 2.8	Hubungan antara parameter tanah untuk tanah pasir (Teng, 1962)	15
Tabel 2.9	Derajat Kebebasan Vs Tingkat Kesalahan.....	17
Tabel 4.1	Rangkuman Data Tanah dari hasil SPT	26
Tabel 4.2	Rangkuman Data Tanah dari Hasil SPT Rata-rata	27
Tabel 4.3	Hubungan antara parameter tanah untuk tanah lempung atau lanau	29
Tabel 4.4	Hubungan antara parameter tanah untuk tanah pasir (Teng, 1962)	29
Tabel 4.5	Rangkuman Data Tanah BH-1 s.d. BH-3	31
Tabel 4.6	Rangkuman Data Tanah BH-4 dan BH-5	32
Tabel 4.7	Penentuan parameter tanah (ysat) cara statistik	34
Tabel 4.8	Penentuan parameter tanah (NSPT) cara statistik	34
Tabel 4.9	Penentuan parameter tanah (Cu) cara statistik	35
Tabel 5.1	Brosur Tiang Pancang WIKA Beton	38

Tabel 5.2	Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Mayeerhof dan Bazara	40
Tabel 5.3	Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Luciano Decourt	47
Tabel 5.4	Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Reese and O'Neil	54
Tabel 5.5	Penentuan parameter tanah (γ_{sat}) cara statistic	60
Tabel 5.6	Penentuan parameter tanah (NSPT) cara statistic	60
Tabel 5.7	Penentuan parameter tanah (Cu) cara statistik	60
Tabel 5.8	Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara	62
Tabel 5.9	Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Luciano Decourt	69
Tabel 5.10	Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Reese and O'Neil	76
Tabel 5.11	Perbandingan Faktor Reduksi Tahanan, Faktor Beban dan SF antara SNI dan Usulan (Lastiasih, 2012)	82
Tabel 5.12	Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara	84
Tabel 5.13	Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Luciano Decourt	90
Tabel 5.14	Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Reese O'neil	97
Tabel 5.15	Perbandingan Daya Dukung Ijin Ø 80 cm	103
Tabel 5.16	Rekapitulasi jumlah tiang	106
Tabel 5.17	Konfigurasi PondasiTiang	107
Tabel 5.17	Biaya Material	112

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

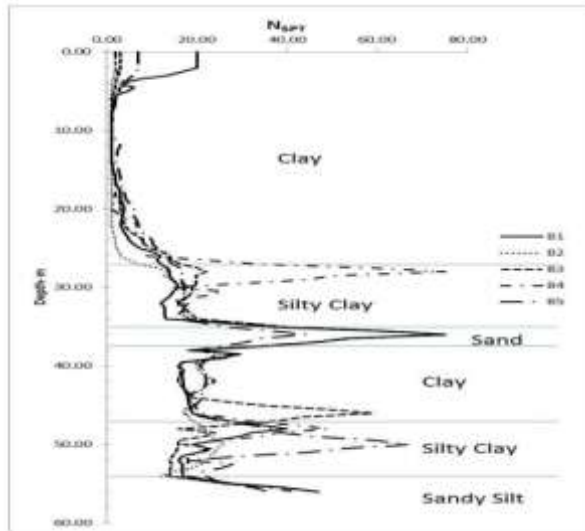
Apartemen The Frontage Surabaya merupakan apartemen yang sedang dibangun di daerah Surabaya Selatan tepatnya di Jalan Ahmad Yani Surabaya. Apartemen ini dibangun di tanah seluas 17000 m² dengan memiliki 3 tower utama dan jumlah lantai terbanyak adalah 37 lantai. Saat ini pengerjaan proyek sudah sampai pada tahap pekerjaan sub-struktur, yaitu pemasangan pondasi tiang pancang.

Penggunaan pondasi tiang pancang ini didasarkan pada hasil pengujian tanah dasar di lokasi yang berupa Boring dan Standard Penetration Test (SPT). Hasil penyelidikan tanah yang berasal dari kedua tes tersebut digunakan untuk input data di lokasi The Frontage Surabaya. Penyelidikan tanah yang dilakukan sebanyak 5 (lima) titik BH-1 s/d BH-5 (Gambar 1.1) dengan kedalaman bervariasi antara -10,00 m s/d -30,00 m. Resume hasil soil test dapat dilihat pada Gambar 1.1 berupa data-data : N-SPT dalam fungsi kedalaman (m).

Dari hasil pengujian tersebut diketahui tanah dasar adalah tanah lempung sampai kedalaman 30 m-an. Tanah lempung sendiri memiliki sifat kompresibel yang tinggi dan daya dukung tanah rendah. Oleh sebab itu direncanakan pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang.

Pondasi tiang pancang yang biasa dihitung oleh pihak perencana adalah seperti yang sudah umum dilakukan yaitu dengan menggunakan metode *Allowable Strength Design* (ASD) atau metode konvensional. ASD adalah metode desain dimana perencanaan menghitung beban kerja sesuai dengan peraturan pembebanan yang berlaku dan menghitung besarnya tegangan yang diakibatkan oleh pembebanan tersebut. Metode ini mensyaratkan bahwa besarnya tegangan pada komponen struktur akibat beban kerja tidak boleh melebihi tegangan izin (*allowable stress*) bahan komponen struktur tersebut. Nilai tegangan izin

ditentukan lebih rendah daripada tegangan leleh bahan dengan memperhitungkan faktor keamanan (*safety factor*).



Gambar 1.1. Kurva NSPT Gabungan Titik BH-1 & BH-5 di Frontage

Selain metode konvensional, beberapa ahli geoteknik juga memakai metode statistik. Perencanaan menggunakan metode statistik dilakukan berdasarkan analisa parameter tanah, yang bertujuan untuk mengelompokkan jenis tanah yang beragam di lapangan menjadi beberapa jenis dengan pendekatan statistik sederhana. Pendekatan statistik yang digunakan yaitu mengambil keputusan berdasarkan besar koefisien varian (CV) dari suatu distribusi nilai parameter tanah.

Sedangkan metode probabilistik ini adalah metode *Load Resistance Factor Design* (LRFD), yaitu metode yang didasari oleh konsep keadaan batas dimana keadaan batas tersebut dicapai melalui proses interaksi antara faktor kelebihan beban dan berkurangnya kekuatan material. Kedua faktor ini dianggap sebagai variabel-variabel acak atau variable probabilistik yang

tidak saling mempengaruhi. Berbeda dengan metode ASD, metode LRFD ini memberikan faktor keamanan parsial untuk masing-masing kondisi dengan nilai yang berbeda-beda pula sesuai dengan nilai kemungkinan terjadinya.

Berdasarkan penelitian Lastiasih (2012), sebenarnya perencanaan dengan format angka keamanan tunggal tidak salah, buktinya walaupun digunakan perencanaan dengan menggunakan LRFD tetapi hasil akhir yang didapat juga sama. Tetapi bedanya apabila terjadi perubahan umur rencana bangunan maupun terjadi perubahan pada beban hidup maka format LRFD lebih konsisten. Berdasarkan target yang dapat diterima, probabilitas berdasarkan faktor keamanan (LRFD) dapat diusulkan. Faktor keamanan ditinjau dari beban tetap maupun beban sementara seperti beban gempa.

Dalam Tugas Akhir ini penulis akan merencanakan pondasi tiang pancang dengan menggunakan ketiga metode tersebut, yaitu metode konvensional, statistik, dan probabilistik. Dari hasil perhitungan kemudian diketahui keefektifan dari kedua metode yang nantinya akan dipilih sebagai alternatif perencanaan pondasi.

1.2. Lokasi

Lokasi Proyek Apartemen The Frontage Surabaya berada di Jalan Ahmad Yani, Margorejo, Wonocolo, Kota Surabaya. Lokasi proyek dari Google Map dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Lokasi Proyek Apartemen The Frontage Surabaya

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka dirumuskan permasalahan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Bagaimana merencanakan daya dukung pondasi tiang pancang dengan menggunakan metode konvensional, statistik, dan probabilistik?
2. Berapa jumlah dan kedalaman pondasi tiang pancang apabila direncanakan dengan menggunakan metode konvensional, statistik, dan probabilistik?
3. Bagaimana efisiensi antara ketiga metode tersebut?
4. Bagaimana kebutuhan biaya material dari perhitungan tersebut?

1.4. Batasan Masalah

Dalam perencanaan ini terdapat batasan masalah, yaitu :

1. Tidak merencanakan pondasi bor (*bored pile*).

2. Perencanaan pondasi tiang pancang berada pada tanah dominan *cohesive*.
3. Tidak merencanakan perhitungan struktur atas untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi.

1.5. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk :

1. Mengetahui perencanaan daya dukung pondasi tiang pancang dengan metode konvensional, statistik, dan probabilistik.
2. Menentukan jumlah dan kedalaman pondasi tiang pancang dari ketiga metode.
3. Menyimpulkan manakah diantara ketiga metode tersebut yang paling efisien.
4. Mengetahui kebutuhan biaya material dari perhitungan ketiga metode.

1.6. Manfaat

Penulisan tugas akhir ini diharapkan akan bermanfaat bagi :

1. Sebagai bahan referensi bagi siapa saja yang membacanya, terutama bagi yang membutuhkan perencanaan pondasi dengan metode konvensional, statistik, dan probabilistik.
2. Pihak-pihak lain yang membutuhkan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pondasi

Secara umum, pondasi adalah suatu struktur yang terletak dipermukaan atau didalam lapisan tanah, yang berfungsi sebagai landasan dan juga untuk menyalurkan beban-beban yang berasal dari *upper (super) structure* kedalam tanah (Herman Wahyudi, 2012). Oleh karena itu, pondasi bangunan harus diperhitungkan agar dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban yang bekerja, gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain. Di samping itu, tidak boleh terjadi penurunan melebihi batas yang diijinkan.

Pondasi bangunan dapat dibedakan menjadi dua yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terlekat dekat dengan permukaan tanah. Suatu pondasi termasuk kategori pondasi dangkal apabila $D/B < 4$ atau 5 (Olivari, 1986). Sedangkan untuk pondasi dalam dapat digunakan jika lapisan tanah berada jauh dari permukaan tanah. Suatu pondasi dapat dikatakan pondasi dalam apabila $D/B \geq 4$ atau 10 (Olivari, 1986). Pondasi dangkal (*shallow foundation*) dapat dibedakan atas beberapa jenis yaitu pondasi telapak, pondasi cakar ayam dan pondasi sarang laba-laba. Sedangkan pondasi dalam terdiri dari pondasi sumuran, pondasi tiang dan pondasi kaisan. Pondasi tiang bisa terbuat dari kayu, beton dan baja. Pada penulisan tugas akhir ini, perencanaan pondasi menggunakan pondasi tiang pancang beton.

2.2 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang (*pile foundation*) adalah suatu bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah yang memiliki daya dukung pada kedalaman tertentu. Pemakaian tiang pancang

dipergunakan untuk suatu pondasi suatu bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya, atau apabila tanah keras yang mana mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya terletak sangat dalam (Sardjono HS, 1984)

Menurut bahan yang digunakan, pondasi tiang pancang dapat dibedakan menjadi empat jenis yaitu tiang pancang kayu, tiang pancang beton, tiang pancang baja, dan tiang pancang komposit (Sardjono HS, 1984). Jenis yang paling sering digunakan sebagai pondasi permanen adalah pondasi tiang pancang baja dan pondasi tiang pancang beton. Pemakaian jenis tiang pancang bergantung pada beberapa aspek di lapangan, seperti jenis tanahnya atau kebutuhan daya dukung pondasi itu sendiri.

Bila pemakaian pondasi tiang pancang telah ditetapkan, maka dimensi dan panjang tiang pancang perlu dihitung berdasarkan pada beban yang berasal dari bagian konstruksi di atas tanah dengan mempertimbangan kapasitas gaya aksial dan momen pada tiang yang diijinkan.

2.3 Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

2.3.1 Metode Konvensional

Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan metode konvensional adalah perhitungan daya dukung menggunakan angka keamanan (SF) yang telah ditentukan terlebih dahulu. Angka keamanan yang biasa digunakan adalah 2,5 atau 3. Namun pada perencanaan tugas akhir ini digunakan angka keamanan 3. Perhitungan daya dukung tiang pancang metode konvensional memakai tiga rumus, yaitu :

2.3.1.1 Mayerhof dan Bazaara

Nilai N_{SPT} yang didapatkan dari lapangan tidak dapat digunakan untuk perencanaan pondasi. Nilainya harus dikoreksi terlebih dahulu terhadap muka air tanah dan tegangan *overburden* yang terjadi.

Koreksi terhadap muka air tanah dilakukan khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada di bawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$:

$$- N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N - 15) \quad (\text{Terzaghi \& Peck, 1960})$$

$$- N_1 = 0.6N \quad (\text{Bazaara, 1967})$$

Sedangkan untuk jenis tanah lempung, lanau dan pasir kasar serta tanah yang memiliki nilai $N \leq 15$ tidak ada koreksi. Jadi nilai $N_1 = N$.

Hasil dari koreksi 1 (N_1) dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan vertikal efektif (*overburden pressure*) pada lapisan tanah di mana harga N tersebut didapatkan. Harga N_2 harus $\leq 2N_1$. Bila dari koreksi didapat $N_2 > 2N_1$ maka nilai $N_2 = 2N_1$.

Bila $p_0 \leq 7,5 \text{ ton/m}^2$, maka:

$$- N_2 = \frac{4N_1}{1+0.4p_0} \quad (\text{Bazaara, 1967})$$

Bila $p_0 > 7,5 \text{ ton/m}^2$, maka:

$$- N_2 = \frac{4N_1}{3.25+0.1p_0} \quad (\text{Bazaara, 1967})$$

Apabila p_0 dalam kPa = kN/m², maka perumusannya menjadi:

Bila $p_0 \leq 7,5 \text{ kPa}$ atau $p_0 \leq 0,75 \text{ ton/m}^2$, maka :

$$- N_2 = \frac{4N_1}{1+0.4p_0} \quad (\text{Bazaara, 1967})$$

Bila $p_0 > 7,5 \text{ kPa}$ atau $p_0 > 0,75 \text{ ton/m}^2$, maka:

$$- N_2 = \frac{4N_1}{3.25+0.1p_0}, \quad (\text{Bazaara, 1967})$$

Setelah dilakukan koreksi terhadap nilai NSPT, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan daya dukung tanah untuk tiang pancang menggunakan persamaan Meyerhof sebagai berikut :

$$\begin{aligned} - Q_{\text{ultimate}} &= Q_{\text{ujung}} + Q_{\text{selimut}} \\ Q_{\text{ultimate}} &= C_n \cdot A_{\text{ujung}} + \sum C_{\text{li.Asi}} \end{aligned}$$

$$- Q_{ijin} = Q_{ultimate} / SF$$

Keterrangan :

Cli = hambatan geser selimut tiang pada segmen i (fsi)

Asi = luas selimut tiang pada segmen ke i = $O_i \times h_i$

O_i = keliling tiang

Cn_{ujung} = 40 N

N = harga rata-rata N_2 pada 4D di bawah ujung sampai dengan 8D di atas ujung tiang

Cli = fsi = dimana:

- $N/2 \text{ ton/m}^2$ untuk tanah lempung atau lanau

- $N/5 \text{ ton/m}^2$ untuk tanah pasir

SF = angka keamanan (*safety factor*)

2.3.1.2 Luciano Decourt

$$Q_{ult} = \alpha(q_p \times A_p) + \beta(q_s \times A_s)$$

$$Q_p + Q_s = \left[\alpha \times (\check{N}_p \times K) \times A_p \right] + \left[\beta \times \left(\frac{\check{N}_s}{3} + 1 \right) \times A_s \right]$$

Dimana :

Q = daya dukung ultimate (ton)

Q_p = daya dukung ujung tiang (end bearing capacity) (ton)

Q_s = daya dukung selimut tiang (skin friction bearing) (ton)

N_p = harga rata-rata SPT sekitar 4B diatas hingga 4B dibawah dasar tiang pondasi (B = diameter pondasi)

K = koefisien karakteristik tanah (kPa) :

12 t/m² (=117,7 kPa) , untuk lempung

20 t/m² (=196 kPa), untuk lanau berlempung

25 t/m² (=245 kPa), untuk lanau berpasir

40 t/m² (=392 kPa), untuk pasir

A_p = luas penampang dasar tiang (m²)

q_p = tegangan di ujung tiang (t/m²)

q_s = tegangan akibatkan lekatan lateral (t/m²)

A_s = luas selimut tiang (keliling x panjang tiang yang terbenam) (m²)

N_s = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam dengan batasan $3 < N < 50$

α = koefisien dasar tiang (Lihat Tabel 2.1)

β = koefisien selimut tiang (Lihat Tabel 2.2)

Tabel 2.1 Koefisien Dasar Tiang α (Decourt & Quaresma,1978; Decourt dkk,1996)

Soil/Pile	Driven Pile	Bored Pile	Bored Pile (Bentonite)	Cotinuuous hollow auger	Root Piles	Injected Piles (high Pressure)
Clay	1,00	0,85	0,85	0,30	0,85	1,00
Intermediate Soils	1,00	0,60	0,60	0,30	0,60	1,00
Sands	1,00	0,50	0,50	0,30	0,50	1,00

Tabel 2.2 Koefisien Selimut Tiang β (Decourt & Quaresma,1978; Decourt dkk,1996)

Soil/Pile	Driven Pile	Bored Pile	Bored Pile (Bentonite)	Cotinuuous hollow auger	Root Piles	Injected Piles (high Pressure)
Clay	1,00	0,80	0,90	1,00	1,50	3,00
Intermediate Soils	1,00	0,65	0,75	1,00	1,50	3,00
Sands	1,00	0,50	0,65	1,00	1,50	3,00

2.3.1.3 Reese O'neil

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = 9c_u A_p$$

$$Q_s = \alpha \times c_u \times L_i \times p$$

Dimana :

Q_{ult} = daya dukung ultimate (ton)

Q_p = daya dukung ujung tiang (end bearing capacity) (ton)

Q_s = daya dukung selimut tiang (skin friction bearing) (ton)

- α = koefisien adhesi antara tanah dan tiang
 C_u = kohesi undrained
 L_i = panjang lapisan tanah
 p = keliling tiang

Tabel 2.3 Faktor Adhesi untuk Selimut Tiang Bor pada Tanah Lempung (Kulhawy dan Mayne, 1990)

Adhesion Faktor, α (dimensionless)	Undrained Shear Strength, S_u (tsf)	Undrained Shear Strength, S_u (t/m ²)
0,55	< 0,2	< 2,15
0,49	2,0 – 3,0	21,5 – 32,25
0,42	3,0 – 4,0	32,25 – 43,0
0,38	4,0 – 5,0	43,0 – 53,75
0,35	5,0 – 6,0	53,75 – 64,5
0,33	6,0 – 7,0	64,5 – 75,25
0,32	7,0 – 8,0	75,25 – 86,0
0,31	8,0 – 9,0	86,0 – 96,75
Treat as Rock	> 9	> 96,75

2.3.2 Metode Probabilistik

2.3.2.1 Usulan Load Faktor Dalam Load Resistance Factor Design (LRFD)

Dalam perencanaan pondasi tiang di kemudian hari sebaiknya menggunakan multi faktor angka keamanan yang biasa disebut Load Resistance Faktor Design (LRFD). Format LRFD merupakan pendekatan yang konseptual dan konsisten. Konsistensi ini terletak pada perhitungan resiko rencana dan ketidakpastian yang ada pada proses perencanaan dapat dipastikan dengan analisa probabilistik. Pada LRFD perilaku dari setiap komponen beban dibedakan, hal ini yang terlihat pada Persamaan 2.1 & 2.2. Yang membedakan LRFD dengan konsep

angka keamanan tunggal adalah kontrol pada probabilitas keruntuhannya. Adapun formulasi persamaan Load Resistance Factor Design (LRFD) yang akan dibentuk adalah sebagai berikut :

$$\gamma D \cdot Dn + \gamma L \cdot Ln \leq \phi n \quad (2.3)$$

Atau

$$\gamma D \cdot Dn + \gamma L \cdot Ln + \gamma E \cdot En \leq \phi n \cdot Rn \quad (2.4)$$

Dimana :

- $\gamma D, \gamma L, \gamma E$ = faktor pengali beban mati, beban hidup dan beban gempa
 ϕ = faktor reduksi tahanan
 Dn, Ln, En = beban mati nominal, beban hidup nominal dan beban gempa nominal

Tabel 2.4 Perbandingan Faktor Reduksi Tahanan, Faktor Beban dan SF antara SNI dan Usulan (Lastiasih, 2012)

Beban Tetap ($\beta = 3,7$)	ϕ	γD	γL	SF
SNI	0,41	1,2	1,6	3,2
Usulan	0,34	1,05	1,18	3,3

Tabel 2.5 Perbandingan Faktor Reduksi Tahanan, Faktor Beban dan SF antara SNI dan Usulan (N = 50 tahun) (Lastiasih, 2012)

Beban Sementara ($\beta = 3$)	ϕ	γD	γL	γE	SF
SNI	0,43	1,2	1,0	1,0	2,46
Usulan	0,5	1,1	1,3	1,3	2,46

2.3.2.2 Penerapan LRFD

Tabel 2.6 Faktor Beban dan Reduksi Tahanan Yang Dipakai Dalam Perencanaan Pondasi (Lastiasih, 2012)

Load Faktor	Beban mati	Beban hidup	Beban gempa	Tahanan
Eisting	3	3		1
	2.5	2.5	2.5	1
SNI	1.2	1.6		0.7
	1.2	1	1	0.75
Usulan LRFD	1.1	1.2		0.3
	1.1	1.3	1.3	0.5

2.4 Parameter Fisis Tanah

2.4.1 Korelasi N_{SPT} untuk Mendapatkan Nilai Parameter Fisis Tanah Lainnya.

Korelasi ini bertujuan untuk mencari nilai pendekatan dari karakteristik tanah yang belum didapatkan datanya saat pengujian dan pengambilan sampel di lapangan. Hal ini didasarkan dengan nilai N_{SPT} dan karakteristik tanah lalu dikorelasi berdasarkan teori-teori yang ada. Hal ini bertujuan untuk memudahkan perhitungan dalam perencanaannya.

Dalam perencanaan daya dukung menggunakan beberapa metode yang akan dibahas nanti parameter data tanah yang diperlukan diantaranya N_{SPT} , berat volume jenuh (γ_{sat}), dan kekuatan geser undrained (C_u). Untuk mengetahui taksiran kekuatan geser undrained (C_u) dari nilai N_{SPT} digunakan Tabel 2.6. Sedangkan untuk mengetahui taksiran berat volume jenuh (γ_{sat}) digunakan Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Hubungan antara parameter tanah untuk tanah lempung atau lanau

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C _u		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q _c	
				(dari Sondir)	
	kPa	ton/ m ²		kg/cm ²	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000–2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.	5 – 10	20– 40	2000 –4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10.	10 – 20	40 –75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10. – 20.	20 – 40	75– 150	7500 – 15000
Keras (hard)	> 200	> 20.	> 40	> 150	> 15000

Sumber : Mochtar (2006), revised (2012)

Tabel 2.8 Hubungan antara parameter tanah untuk tanah pasir
(Teng, 1962)

Kondisi kepadatan	Relative Density (kepadatan relatif) R_d	Perkiraan Harga N_{SPT}	Perkiraan harga ϕ (°)	Perkiraan berat volume jenuh, γ_{sat} (ton/m ³)
very loose (sangat renggang)	0 % s/d 15 %	0 s/d 4	0 s/d 28	< 1.60
loose (renggang)	15 % s/d 35 %	4 s/d 10	28 s/d 30	1.50 – 2.0
medium (menengah)	35% s/d 65 %	10 s/d 30	30 s/d 36	1.75 – 2.10
dense (rapat)	65% s/d 85 %	30 s/d 50	36 s/d 41	1.75 – 2.25
very dense (sangat rapat)	85% s/d 100 %	> 50	41*	

* perkiraan oleh Mochtar (2009)

2.4.2 Pembuatan Stratigrafi

Stratigrafi tanah dibuat untuk mengetahui kondisi tanah dasar di daerah perencanaan. Sebelum membuat stratigrafi tanah, perlu dilakukan pendekatan statistik sederhana terhadap data-data

tanah yang dimiliki. Pendekatan statistik yang digunakan adalah dengan pengambilan keputusan berdasarkan koefisien varian (CV) dari suatu distribusi nilai parameter tanah.

Beberapa persamaan statistik yang digunakan antara lain (ITS,1998).

- Rata – rata

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{n}$$

- Standar Deviasi

$$STD = \sqrt{\frac{\sum (x-u)^2}{n}}$$

- Koefisien Varian

$$CV = \frac{STD}{U} \times 100\%$$

Dimana distribusi sebaran suatu nilai dapat diterima jika harga koefisien varian (CV) dari sebaran tersebut bernilai lebih kecil atau sama dengan 30%. Apabila nilai koefisien varian (CV) lebih besar dari pada 30%, maka perlu dilakukan pembagian layer tanah sampai nilai CV tersebut kurang dari atau sama dengan 30%.

2.4.3 Penentuan Parameter Tanah

Analisa parameter tanah dilakukan untuk mendapatkan parameter yang akan digunakan untuk perencanaan perbaikan tanah. Metode yang digunakan adalah cara statistik dengan selang kepercayaan yang baik, yaitu selang yang pendek dengan derajat kepercayaan yang tinggi, oleh karena itu digunakan selang kepercayaan 90%.

Bentuk umum selang kepercayaan adalah Batas Bawah < (Parameter tanah) < Batas Atas. Dengan menggunakan „probabilitas t“ dan „probabilitas z“ yaitu :

- Probabilitas t digunakan apabila $n < 30$

$$\bar{X} - t_{(db, \alpha/2)} \frac{s}{\sqrt{n}} < (\mu) < \bar{X} + t_{(db, \alpha/2)} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

- Probabilitas z digunakan apabila $n > 30$

$$\bar{X} - z_{(\alpha/2)} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < (\mu) < \bar{X} + z_{(\alpha/2)} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Dimana :

\bar{X} = rata-rata
 db = derajat kebebasan
 α = tingkat kesalahan
 s = Standar deviasi
 n = jumlah data
 (μ) = nilai parameter tanah

Tabel 2.9 Derajat Kebebasan vs Tingkat Kesalahan

db	α					
	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.656	318.289
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.328
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.214
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.894
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307
50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.261
100	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.160
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090

2.5 Daya dukung tiang pancang grup

Tiang pancang yang direncanakan dalam jumlah lebih dari satu dan disusun dengan memiliki jarak tertentu antar tiangnya, maka dapat dikategorikan sebagai tiang pancang grup. Sebuah tiang pancang dikatakan memiliki daya dukung grup apabila jarak antar tiang adalah $2.5D - 9D$. Apabila jarak antar tiang lebih besar dari $9D$, maka tiang tersebut memiliki daya dukung satu tiang pancang *single*.

Daya dukung satu tiang pancang dalam grup dapat ditentukan dengan mengalikan daya dukung tiang 1 tiang pancang *single* dan efisiensi. Nilai efisiensi tiang pancang grup dapat ditentukan berdasarkan persamaan Seiler-Keeney sebagai berikut:

$$\eta = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1)n + (n-1)m}{90 \cdot m \cdot n} \right) \right\}$$

Keterangan :

s = Jarak antar tiang pancang

m = Jumlah baris dalam konfigurasi tiang pancang

n = Jumlah kolom dalam konfigurasi tiang pancang

2.5.1 Pmax 1 tiang

Untuk menentukan jumlah tiang pancang dalam sebuah grup, maka P maksimum (P_{max}) yang terjadi pada 1 tiang harus memiliki nilai lebih kecil dari pada P ijin 1 tiang grup. P_{max} 1 tiang dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$P_{max} = \frac{\sum F_z}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\sum X_i^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\sum Y_i^2}$$

$$P_{min} = \frac{\sum F_z}{n} - \frac{M_y \cdot X_{max}}{\sum X_i^2} - \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\sum Y_i^2}$$

2.6 Perencanaan Tebal Poer

Untuk merencanakan tebal *pilecap*, maka *pilecap* harus direncanakan agar kuat geser nominal beton (V_c) lebih besar dari geser akibat kolom dan juga geser akibat tiang (V_{up}). Peninjauan

kuat geser dilakukan terhadap 2 kondisi, yaitu geser 1 arah dan geser 2 arah.

Kontrol geser satu arah dilakukan berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$V_c = 0.75 \times \sqrt{f'c} \times b_0 \times d$$

$$V_c = (P_i)_{max} - w_{fc}$$

Dimana :

$f'c$ = mutu beton yang digunakan untuk poer

b_0 = panjang area geser pons

d = tebal poer

$(P_i)_{max}$ = reaksi tiang pancang berfaktor maksimum

w_{fc} = berat pondasi pada area geser pon

Kontrol geser dua arah dilakukan berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} U d$$

$$V_c = 0.083 \left(\frac{a_s d}{U} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} U d$$

$$V_c = 0.33 \lambda \sqrt{f'c} U$$

Keterangan :

β = rasio dari bentang panjang terhadap bentang pendek dari kolom

a_s = 40 untuk kolom interior, 30 untuk kolom tepi, 20 untuk kolom sudut

λ = faktor jenisbeton

$f'c$ = mutu beton

U = keliling zona kritis

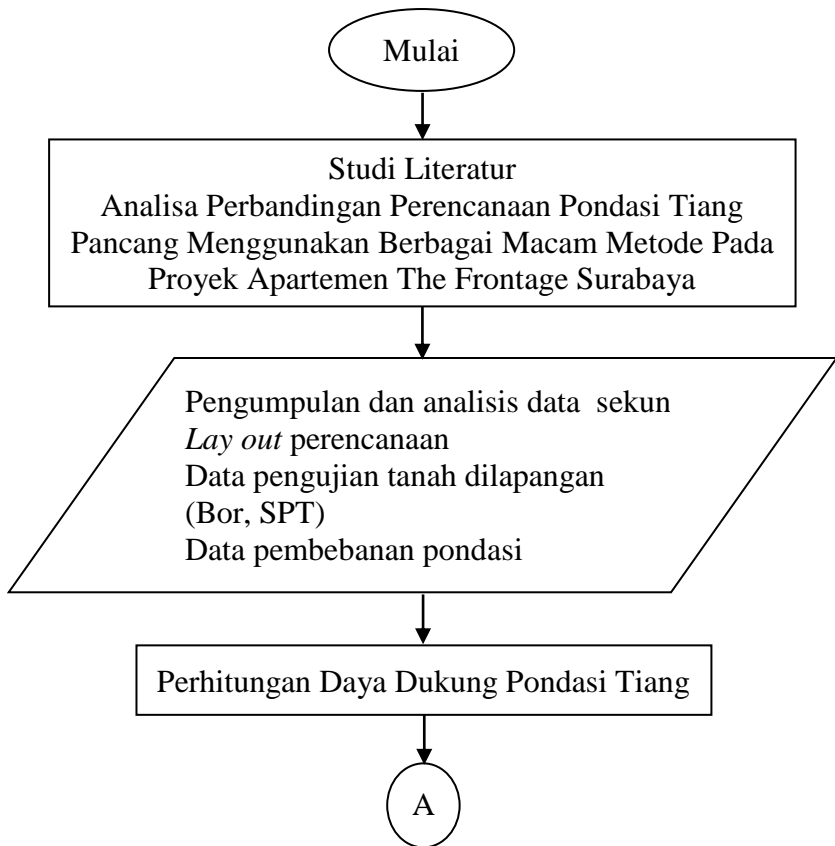
d = tinggi efektif *pile cap*

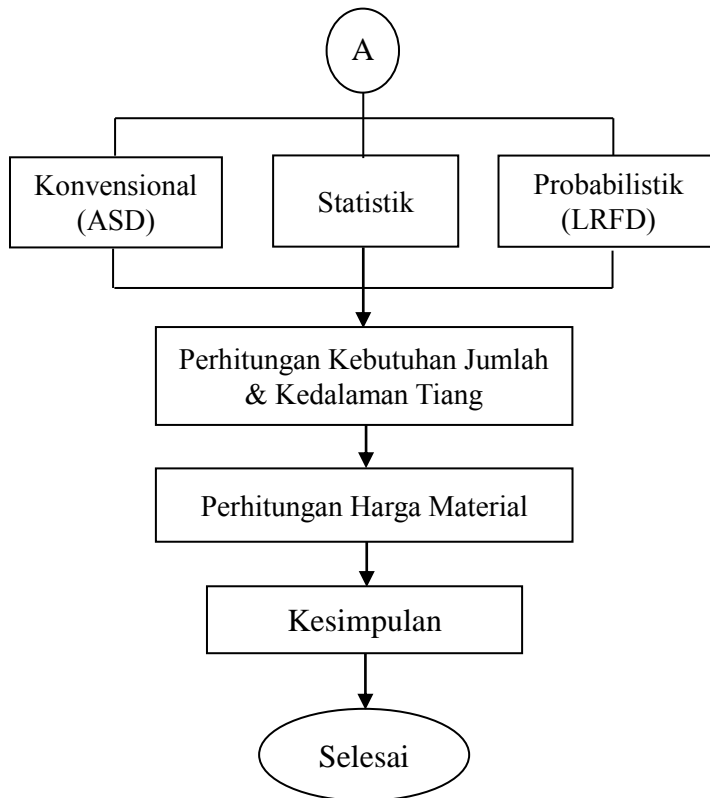
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Bagan Alir

Berikut ini adalah diagram alir dalam penulisan Tugas Akhir Analisa Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Berbagai Macam Metode Pada Proyek Apartemen The Frontage Surabaya.





Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

3.2 Studi Literatur

Studi literatur yang dimaksudkan adalah mengumpulkan materi-materi yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan. Adapun bahan yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Teori daya dukung pondasi tiang metode Konvensional (ASD).

2. Teori daya dukung pondasi tiang metode Statistik Probabilistik (LRFD).
3. Perhitungan kebutuhan jumlah dan kedalaman tiang.
4. Perhitungan harga material.

3.3 Pengumpulan dan Analisa Data

Data-data yang digunakan dalam perencanaan ini adalah data sekunder. Data tersebut meliputi :

1. *Lay out* perencanaan
2. Data pengujian tanah di lapangan (Bor, SPT)
3. Data pembebanan pondasi

3.4 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Melakukan perencanaan pondasi tiang dengan menggunakan metode Konvensional dan Statistik Probabilistik. Mengetahui dimensi pilecap dan banyaknya pondasi tiang pancang yang dibutuhkan.

3.5 Perhitungan Biaya Material

Setelah merencanakan pondasi, maka dilakukan perhitungan biaya material untuk mengetahui besarnya biaya yang dibutuhkan untuk masing-masing pondasi.

3.6 Kesimpulan

Pada bab kesimpulan dipaparkan beberapa hasil perencanaan pondasi yang dilakukan pada tugas akhir ini kemudian menganalisa bagaimana perbandingan hasil kebutuhan pondasi tiang pancang dan harga kebutuhan material total.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

DATA TANAH DAN ANALISA DATA PERENCANAAN

4.1 Data Tanah Dasar

Dalam bab ini akan dibahas mengenai analisa parameter tanah dengan tujuan mengelompokkan jenis tanah yang beragam di lapangan berdasarkan hasil pengujian tanah di lapangan. Analisa yang digunakan berupa pengolahan data dengan membuat statigrafi tanah dan korelasi nilai parameter tanah yang belum diketahui.

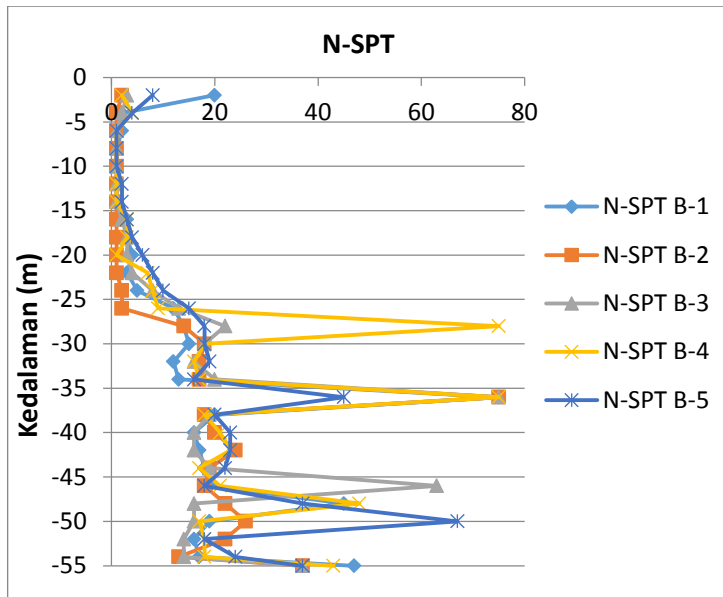
Data tanah yang digunakan adalah data dari konsultan Data Persada Geotechnical Consultancy and Foundation dari hasil penyelidikan tanah berupa *Standard Penetration Test* (SPT). Lokasi penyelidikan berada di proyek pembangunan Apartemen The Frontage Surabaya yang terletak di Jalan Ahmad Yani, Surabaya, Jawa Timur.

4.2 Data *Standard Penetration Test* (SPT)

Berdasarkan hasil tes SPT yang telah dilakukan oleh Data Persada Geotechnical, Consultancy and Foundation, terdapat 5 titik pengujian pengambilan data SPT yaitu BH-1, BH-2, BH-3, BH-4, dan BH-5. Adapun rangkuman dari data N-SPT dan konsistensi tanah seperti tersaji dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Rangkuman Data Tanah dari hasil SPT

Kedalaman (m)	Deskripsi Tanah	N-SPT B-1	Deskripsi Tanah	N-SPT B-2	Deskripsi Tanah	N-SPT B-3	Deskripsi Tanah	N-SPT B-4	Deskripsi Tanah	N-SPT B-5
0	Lempung + bata merah	0	Pasir + bongkaran	0	Lempung + gragal	0	Pasir + bongkaran	0	Lempung + bata merah	0
-1										
-2		20		2		3	Lempung lunak	2		8
-3	Pasir halus		Lempung lunak				Lempung berpasir		Pasir halus	
-4		2		1	Lempung mantap	2	Pasir halus	4	Lempung mantap	4
-5										
-6		2		1		1				
-7										
-8		1		1	Lempung berpasir	1		1		1
-9	Lempung lunak									
-10		1		1		1		1	Lempung lunak	1
-11					Lempung lunak					
-12		1		1		1		1		2
-13										
-14		1		1		1		1		2
-15	Lempung Mantap	3		1		2	Lempung lunak	3	Lempung mantap	3
-16										
-17		3		1	Lempung mantap	3		3		4
-18										
-19		4		1		3		1		6
-20					Lempung kaku					
-21		3		1		4		7		8
-22	Lempung kaku	5		2		8	Lempung mantap	8		10
-23										
-24		12		2		13		9		15
-25										
-26		14		14	Lempung berlanau	22		75	Lempung berlanau	18
-27	Lempung berlanau	15	Lempung berlanau	18		18	Lempung kaku	18		18
-28		12		17		16		16		19
-29		13		17		20		17		16
-30					Pasir sedikit lempung				Pasir halus	
-31	Lanau berpasir	75	Lempung berpasir	75	Pasir halus sedikit lanau	75	Pasir halus + kerikil	75	Lanau berpasir	45
-32	Lempung kaku	20	Lempung kaku	18	Lempung berlanau	19	Lempung berlanau	18	Lempung kaku	20
-33										
-34		16		20		16		21		23
-35		17		24		16		23		23
-36		18		19		19		17		22
-37					Lempung berpasir					
-38		19		18		63	Lempung berlanau	21		18
-39										
-40		45		22		16		48		37
-41										
-42	Lempung berpasir	19	Lanau berlanau	26	Lempung berlanau	16	Lempung berlanau	17	Pasir halus	67
-43	Lempung berlanau	16		22		14		18		18
-44										
-45		17		13		14		18		24
-46										
-47	Lanau berpasir	47	Lempung berpasir	37	Lanau berpasir	37	Lanau berpasir	43	Lanau berpasir	37



Gambar 4.1 Kurva N-SPT Gabungan Titik BH-1 s.d. BH-5.
(*sumber: hasil pengujian lapangan*)

Data pengujian dan pembacaan nilai N-SPT gabungan titik BH-1 s.d. BH-5 dapat dilihat pada Gambar 4.1. Data ini akan dipakai untuk menganalisis kondisi lapisan tanah dan parameternya. Data tanah tersebut terangkum dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Rangkuman Data Tanah Dari Hasil SPT Rata-Rata

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Nilai SPT Rata-Rata
0 - 27	Lempung	3
27 - 35	Lempung berlanau	20
35 - 37	Pasir	44
37 - 54	Lempung berlanau	23
54 - 60	Pasir berlanau	40

Perhitungan daya dukung pada tugas akhir ini diperlukan nilai N-SPT dan beberapa parameter data tanah lain berupa berat volume jenuh (γ_{sat}) dan juga kuat geser tanah undrained (C_u). Data yang ada haruslah data di setiap kedalaman tanah dengan interval 0.5 meter. Namun parameter data tanah tersebut belum lengkap, sehingga diperlukan korelasi dengan menggunakan teori yang ada.

4.3 Korelasi Data Tanah

Korelasi ini bertujuan untuk mencari nilai pendekatan dari karakteristik tanah yang belum didapatkan datanya saat pengujian dan pengambilan sampel di lapangan. Hal ini didasarkan dengan nilai N-SPT dan karakteristik tanah lalu dikorelasi berdasarkan teori-teori yang ada. Hal ini bertujuan untuk memudahkan perhitungan dalam perencanaannya.

Dalam perencanaan daya dukung menggunakan beberapa metode yang akan dibahas nanti parameter data tanah yang diperlukan diantaranya N-SPT, berat volume jenuh (γ_{sat}), dan kekuatan geser undrained (C_u). Untuk mengetahui taksiran kekuatan geser undrained (C_u) dari nilai N-SPT digunakan Tabel 4.3. Sedangkan untuk mengetahui taksiran berat volume jenuh (γ_{sat}) digunakan Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Hubungan antara parameter tanah untuk tanah lempung atau lanau

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q_c	
				(dari Sondir)	
	kPa	ton/ m ²		kg/cm ²	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000–2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.	5 – 10	20– 40	2000 –4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10.	10 – 20	40 –75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10. – 20.	20 – 40	75– 150	7500 – 15000
Keras (hard)	> 200	> 20.	> 40	> 150	> 15000

Sumber : Mochtar (2006), revised (2012)

Tabel 4.4 Hubungan antara parameter tanah untuk tanah pasir (Teng, 1962)

Kondisi kepadatan	Relative Density (kepadatan relatif) R_d	Perkiraan Harga N_{SPT}	Perkiraan harga ϕ (°)	Perkiraan berat volume jenuh, γ_{sat} (ton/m ³)
very loose (sangat renggang)	0 % s/d 15 %	0 s/d 4	0 s/d 28	< 1.60
loose (renggang)	15 % s/d 35 %	4 s/d 10	28 s/d 30	1.50 – 2.0
medium (menengah)	35% s/d 65 %	10 s/d 30	30 s/d 36	1.75 – 2.10
dense (rapat)	65% s/d 85 %	30 s/d 50	36 s/d 41	1.75 – 2.25
very dense (sangat rapat)	85% s/d 100 %	> 50	41*	

* perkiraan oleh Mochtar (2009)

Contoh korelasi data tanah adalah sebagai berikut.

1. C_u tanah BH-1 pada kedalaman 20 m dengan nilai $N_{SPT} = 4$, digunakan Tabel 4.3.

$$\begin{aligned}\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} &= \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \\ \frac{4 - 2.5}{5 - 2.5} &= \frac{y - 1.25}{2.5 - 1.25} \\ y - 1.25 &= \frac{1.5 \times 1.25}{2.5} \\ y &= 0.75 + 1.25 \\ y &= 2 \text{ (Jadi } Cu = 2\text{)}\end{aligned}$$

2. γ_{sat} tanah BH-1 pada kedalaman 24 m dengan nilai N-SPT = 5, digunakan Tabel 4.4.

$$\begin{aligned}\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} &= \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \\ \frac{5 - 4}{10 - 4} &= \frac{y - 1.5}{2 - 1.5} \\ y - 1.5 &= \frac{1 \times 0.5}{6} \\ y &= 0.083 + 1.5 \\ y &= 1.583 \text{ (Jadi } \gamma_{\text{sat}} = 1.583\text{)}\end{aligned}$$

Hasil korelasi antar hubungan parameter tanah, diperoleh hasil seperti terangkum dalam Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Rangkuman Data Tanah BH-1 s.d. BH-3

BH-1				BH-2				BH-3			
Kedalaman (m)	N-SPT	γ_{sat}	Cu	Kedalaman (m)	N-SPT	γ_{sat}	Cu	Kedalaman (m)	N-SPT	γ_{sat}	Cu
0	0			0	0			0	0		
-1				-1				-1			
-2	20	1.925	10.0	-2	2	1.600	1.0	-2	3	1.560	1.5
-3				-3				-3			
-4	2	1.440	1.0	-4	1	1.600	0.5	-4	2	1.560	1.0
-5				-5				-5			
-6	2	1.440	1.0	-6	1	1.600	0.5	-6	1	1.520	0.5
-7				-7				-7			
-8	1	1.430	0.5	-8	1	1.470	0.5	-8	1	1.520	0.5
-9				-9				-9			
-10	1	1.430	0.5	-10	1	1.470	0.5	-10	1	1.480	0.5
-11				-11				-11			
-12	1	1.430	0.5	-12	1	1.470	0.5	-12	1	1.480	0.5
-13				-13				-13			
-14	1	1.430	0.5	-14	1	1.590	0.5	-14	1	1.480	0.5
-15				-15				-15			
-16	3	1.580	1.5	-16	1	1.590	0.5	-16	2	1.580	1.0
-17				-17				-17			
-18	3	1.580	1.5	-18	1	1.590	0.5	-18	3	1.580	1.5
-19				-19				-19			
-20	4	1.580	2.0	-20	1	1.470	0.5	-20	3	1.580	1.5
-21				-21				-21			
-22	3	1.580	1.5	-22	1	1.470	0.5	-22	4	1.500	2.0
-23				-23				-23			
-24	5	1.583	2.5	-24	2	1.470	1.0	-24	8	1.833	4.0
-25				-25				-25			
-26	12	1.785	6.0	-26	2	1.470	1.0	-26	13	1.803	6.5
-27				-27				-27			
-28	14	1.820	7.0	-28	14	1.820	7.0	-28	22	1.960	11.0
-29				-29				-29			
-30	15	1.838	7.5	-30	18	1.890	9.0	-30	18	1.890	9.0
-31				-31				-31			
-32	12	1.785	6.0	-32	17	1.873	8.5	-32	16	1.855	8.0
-33				-33				-33			
-34	13	1.803	6.5	-34	17	1.873	8.5	-34	20	1.925	10.0
-35				-35				-35			
-36	75	2.000	37.5	-36	75	2.000	37.5	-36	75	2.000	37.5
-37				-37				-37			
-38	20	1.925	10.0	-38	18	1.890	9.0	-38	19	1.908	9.5
-39				-39				-39			
-40	16	1.855	8.0	-40	20	1.925	10.0	-40	16	1.855	8.0
-41				-41				-41			
-42	17	1.873	8.5	-42	24	1.995	12.0	-42	16	1.855	8.0
-43				-43				-43			
-44	18	1.890	9.0	-44	19	1.908	9.5	-44	19	1.908	9.5
-45				-45				-45			
-46	19	1.908	9.5	-46	18	1.890	9.0	-46	63	2.000	31.5
-47				-47				-47			
-48	45	2.125	22.5	-48	22	1.960	11.0	-48	16	1.855	8.0
-49				-49				-49			
-50	19	1.908	9.5	-50	26	2.030	13.0	-50	16	1.855	8.0
-51				-51				-51			
-52	16	1.855	8.0	-52	22	1.960	11.0	-52	14	1.820	7.0
-53				-53				-53			
-54	17	1.873	8.5	-54	13	1.803	6.5	-54	14	1.820	7.0
-55	47	2.175	23.5	-55	37	2.013	18.5	-55	37	2.013	18.5

Tabel 4.6 Rangkuman Data Tanah BH-4 dan BH-5

BH-4				BH-5			
Kedalaman (m)	N-SPT	γ_{sat}	Cu	Kedalaman (m)	N-SPT	γ_{sat}	Cu
0	0			0	0		
-1				-1			
-2	2	1.480	1.0	-2	8	1.833	4.0
-3				-3			
-4	4	1.700	2.0	-4	4	1.530	2.0
-5				-5			
-6	1	1.480	0.5	-6	1	1.550	0.5
-7				-7			
-8	1	1.480	0.5	-8	1	1.450	0.5
-9				-9			
-10	1	1.480	0.5	-10	1	1.510	0.5
-11				-11			
-12	1	1.480	0.5	-12	2	1.510	1.0
-13				-13			
-14	1	1.480	0.5	-14	2	1.510	1.0
-15				-15			
-16	3	1.520	1.5	-16	3	1.550	1.5
-17				-17			
-18	3	1.520	1.5	-18	4	1.550	2.0
-19				-19			
-20	1	1.480	0.5	-20	6	1.667	3.0
-21				-21			
-22	7	1.750	3.5	-22	8	1.833	4.0
-23				-23			
-24	8	1.833	4.0	-24	10	1.750	5.0
-25				-25			
-26	9	1.917	4.5	-26	15	1.838	7.5
-27				-27			
-28	75	2.000	37.5	-28	18	1.890	9.0
-29				-29			
-30	18	1.890	9.0	-30	18	1.890	9.0
-31				-31			
-32	16	1.855	8.0	-32	19	1.908	9.5
-33				-33			
-34	17	1.873	8.5	-34	16	1.855	8.0
-35				-35			
-36	75	2.000	37.5	-36	45	2.000	22.5
-37				-37			
-38	18	1.890	9.0	-38	20	1.925	10.0
-39				-39			
-40	21	1.943	10.5	-40	23	1.978	11.5
-41				-41			
-42	23	1.978	11.5	-42	23	1.978	11.5
-43				-43			
-44	17	1.873	8.5	-44	22	1.960	11.0
-45				-45			
-46	21	1.943	10.5	-46	18	1.890	9.0
-47				-47			
-48	48	2.000	24.0	-48	37	2.065	18.5
-49				-49			
-50	17	1.873	8.5	-50	67	2.065	33.5
-51				-51			
-52	18	1.890	9.0	-52	18	1.890	9.0
-53				-53			
-54	18	1.890	9.0	-54	24	1.995	12.0
-55	43	2.075	21.5	-55	37	2.000	18.5

4.4 Penentuan Parameter Tanah dengan Distribusi Statistik

Penentuan parameter tanah ini dilakukan dengan didasarkan pada keragaman antara karakteristik tanah suatu titik dengan titik yang lain. Selanjutnya dari beberapa data tanah tersebut akan digunakan 1 data yang ditentukan menggunakan metode distribusi statistik dengan nilai tingkat kepercayaan 90%.

Penentuan nilai berat volume jenuh (γ_{sat}) tanah didapatkan dari beberapa data yang karakteristiknya seragam. Untuk penentuan parameter tanah tersebut menggunakan cara sebagai berikut:

- Pada Elevasi 0 s.d 27
- Jumlah data = 65
- Derajat kebebasan (db) = jumlah data – 1 = 64
- Tingkat kesalahan (α) = 10 %
- Probabilitas (t) = 1.672
(dari grafik, db = 64, $\alpha/2 = 0,05$)
- Rata-rata (mean) = $\frac{\sum \gamma_{sat}}{\text{Jumlah data}} = \frac{102.23}{65} = 1.573$
- St.Deviasi = 0.131
- Batas atas = Mean + $\frac{\text{St.Deviasi}}{\sqrt{\text{Jumlah data}}} \times t$
= $1.573 + \frac{0.131}{\sqrt{65}} \times 1.672 = 1.6$
- Batas bawah = Mean – $\frac{\text{St.Deviasi}}{\sqrt{\text{Jumlah data}}} \times t$
= $1.573 - \frac{0.131}{\sqrt{65}} \times 1.672 = 1.546$
- γ_{sat} = Bts.bawah + 0.1 (Bts. atas – Bts.bawah)
= $1.546 + 0.1(1.6 - 1.546)$
= 1.551 t/m^3

Dengan cara yang sama, penentuan parameter kuat geser tanah undrained (C_u) adalah sebagai berikut.

- Pada Elevasi 0 s.d 27
- Jumlah data = 65
- Derajat kebebasan (db) = jumlah data – 1 = 64

- Tingkat kesalahan (α) = 10 %
- Probabilitas (t) = 1.672
(dari grafik, db = 64, $\alpha/2 = 0,05$)

$$\text{Rata-rata (mean)} = \frac{\sum \gamma_{\text{sat}}}{\text{Jumlah data}} = \frac{112}{65} = 1.723$$

$$\text{St.Deviasi} = 0.918$$

$$\text{Batas atas} = \text{Mean} + \frac{\text{St.Deviasi}}{\sqrt{\text{Jumlah data}}} \times t$$

$$= 1.723 + \frac{0.918}{\sqrt{65}} \times 1.672 = 2.121$$

$$\text{Batas bawah} = \text{Mean} - \frac{\text{St.Deviasi}}{\sqrt{\text{Jumlah data}}} \times t$$

$$= 1.723 - \frac{0.918}{\sqrt{65}} \times 1.672 = 1.325$$

$$\text{Cu} = \text{Bts.bawah} + 0.1 (\text{Bts. atas} - \text{Bts.bawah})$$

$$= 1.325 + 0.1(2.121 - 1.325)$$

$$= 1.405 \text{ t/m}^2$$

Berikut ini merupakan hasil penentuan parameter tanah dengan distribusi statistik dapat dilihat pada Tabel 4.7 sampai Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.7 Penentuan Parameter Tanah (γ_{sat}) Cara Statistik

$\gamma_{\text{sat}} \text{ (t/m}^3\text{)}$								
Elevasi (m)	Jumlah Data	db	Probabilitas (t)	Mean	St. Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	$\gamma_{\text{sat}} \text{ (t/m}^3\text{)}$
0 - 27	65	64	1.672	1.573	0.131	1.600	1.546	1.551
27 - 35	20	19	1.729	1.887	0.095	1.924	1.850	1.858
35 - 37	5	4	2.132	2.225	0.056	2.278	2.172	2.182
37 - 54	45	44	1.681	1.934	0.096	1.958	1.910	1.914
54 - 55	5	4	2.132	2.058	0.071	2.125	1.990	2.004

(sumber : hasil Analisa)

Tabel 4.8 Penentuan Parameter Tanah (NSPT) Cara Statistik

NSPT (t/m ³)								
Elevasi (m)	Jumlah Data	db	Probabilitas (t)	Mean	St. Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	NSPT (t/m ³)
0 - 27	65	64	1.672	4.086	3.385	4.788	3.384	4
27 - 35	20	19	1.729	19.650	13.244	24.770	14.530	16
35 - 37	5	4	2.132	69.000	13.416	81.792	56.208	59
37 - 54	45	44	1.681	22.556	11.542	25.447	19.664	20
54 - 55	5	4	2.132	40.200	4.604	44.590	35.810	37

(sumber : hasil Analisa)

Tabel 4.9 Penentuan Parameter Tanah (Cu) Cara Statistik

Cu (t/m ²)								
Elevasi (m)	Jumlah Data	db	Probabilitas (t)	Mean	St.Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Cu (t/m ²)
0 - 27	65	64	1.672	1.723	1.918	2.121	1.325	1.405
27 - 35	20	19	1.729	9.825	6.622	12.385	7.265	7.777
35 - 37	5	4	2.132	34.500	6.708	40.896	28.104	29.383
37 - 54	45	44	1.681	11.278	5.771	12.724	9.832	10.121
54 - 55	5	4	2.132	20.100	2.302	22.295	17.905	18.344

(sumber : hasil Analisa)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PERENCANAAN PONDASI

5.1 Gambaran Umum

Perencanaan pondasi merupakan perencanaan struktur bawah bangunan. Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis *spun pile* produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton.

5.2 Kriteria Design

5.2.1 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *spun pile* Produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

1. Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat.
2. Mutu beton tiang pancang K-600 (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm²*).

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan (Tabel 5.1).

- | | |
|---------------------------------|--------------|
| • <i>Diameter outside (D)</i> | : 800 mm |
| • <i>Thickness</i> | : 120 mm |
| • <i>Kelas</i> | : B |
| • <i>Bending momen crack</i> | : 55 tm |
| • <i>Bending momen ultimate</i> | : 99 tm |
| • <i>Allowable axial</i> | : 388,61 ton |

Tabel 5.1 Brosur Tiang Pancang WIKA Beton

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack *	Ultimate			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
					A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
600	100	1,570.80	510,508.81	393	B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
					A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
					A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
					A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

5.3 Daya Dukung Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung tanah untuk tiang dilakukan untuk mendapatkan daya dukung tanah di tiap kedalaman tanah. Penentuan dimensi tiang pancang berpengaruh terhadap daya dukung satu tiang dan juga jumlah tiang yang diperlukan di setiap titik perletakan yang direncanakan.

5.3.1 Metode Konvensional

5.3.1.1 Formula Mayeerhof dan Bazara

Contoh perhitungan daya dukung tiang pancang adalah sebagai berikut :

Misal perhitungan tiang pancang pada BH-1 dengan kedalaman 30 m.

- Digunakan tiang pancang dengan diameter = 60 cm
 - Nilai N-SPT = 15 (tanah lempung)
 - $N1 = N = 15$ (karena tanah lempung maka tidak ada koreksi terhadap muka air tanah)
 - $\gamma_{sat} = 1.838 \text{ t/m}^3$ (korelasi)
 - $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1,838 - 1 = 0,838 \text{ t/m}^3$
 - $Po = \Sigma Po \text{ (di atasnya)} + (\gamma' \cdot h) = 16,873 + (0,838 \cdot 0,5)$
 $= 17,292 \text{ t/m}^2 (>7,5 \text{ t/m}^2)$
 - $N2 = \frac{4 N1}{3,25 + 0,1 Po} = \frac{4 \times 15}{3,25 + (0,1 \times 17,292)}$
 $= 12,05$
 - $2N1 = 2 \times 15 = 30$
 - $N_{corr} = 12,05$ (dipakai $N2$, karena $N2 < 2N1$)
 - $N = \text{rata-rata nilai } N \text{ 4D di bawah sampai 8D di atas ujung tiang}$
 $= 10,91$
 - $4D = 4 \times 0,6 = 2,4 \text{ m } (30 + 2,4 = 32,4 \text{ m})$
 - $8D = 8 \times 0,6 = 4,8 \text{ m } (30 - 4,8 = 25,2 \text{ m})$
 - $Ap = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 0,6^2$
 $= 0,283 \text{ m}^2$
 - $f_{si} = N/2 \text{ (tanah lempung)} = 12,05/2 = 6,025 \text{ t/m}^2$
 - $As = \pi \cdot d \cdot h = \pi \cdot 0,6 \cdot 0,5 = 0,94 \text{ m}$
 - $R_{si} = f_{si} \times As = 6,025 \cdot 0,94 = 5,68 \text{ t}$
 - $\Sigma R_{si} = \Sigma R_{si} \text{ (diatasnya)} + R_{si} = 140,76 + 5,68 = 146,44 \text{ t}$
- $Q_{ult} = 40 N \cdot Ap + \Sigma f_{si} \cdot As = Q_{ujung} + \Sigma R_{si}$
 $= 123,39 + 146,44 = 269,83 \text{ t}$

$$\begin{aligned}
 Q_{ijin} &= Q_{ult}/SF \\
 &= 269,83/3 \\
 &= 89,94 \text{ t}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.1.

Tabel 5.2 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Mayeerhof dan Bazara

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
1	5.00	72.90	108.92	141.12
1.5	10.00	72.32	102.94	136.18
2.0	20.00	66.31	96.93	130.25
2.5	15.50	61.76	91.98	124.69
3.0	11.00	60.70	91.18	123.71
3.5	6.50	59.08	89.11	121.00
4.0	2.00	56.67	85.62	116.43
4.5	2.00	54.56	82.50	112.49
5.0	2.00	52.71	79.68	109.07
5.5	2.00	51.06	77.26	106.08
6.0	2.00	49.30	75.16	103.44
6.5	1.75	44.74	73.26	100.99
7.0	1.50	39.03	71.50	98.71
7.5	1.25	34.68	68.82	96.55
8.0	1.00	29.34	62.51	94.50
8.5	1.00	26.41	54.77	92.62

Tabel 5.2 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Mayeerhof dan Bazara (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
9.0	1.00	25.89	48.91	90.91
9.5	1.00	25.40	41.84	87.53
10.0	1.00	24.94	37.92	79.94
10.5	1.00	24.50	37.18	70.88
11.0	1.00	24.09	36.47	64.27
11.5	1.00	23.81	35.99	56.42
12.0	1.00	23.64	35.72	52.53
12.5	1.00	23.73	35.64	52.40
13.0	1.00	24.06	35.92	52.33
13.5	1.00	24.52	36.36	52.30
14.0	1.00	25.11	36.95	52.32
14.5	1.50	25.79	37.78	52.62
15.0	2.00	26.55	38.72	53.35
15.5	2.50	27.39	39.85	54.50
16.0	3.00	28.30	41.18	56.05
16.5	3.00	29.27	42.58	57.67
17.0	3.00	30.31	44.07	59.20
17.5	3.00	31.42	45.47	60.63
18.0	3.00	32.58	46.80	61.97
18.5	3.25	33.71	48.09	63.56
19.0	3.50	34.82	49.34	65.41
19.5	3.75	35.76	50.81	67.50
20.0	4.00	36.53	52.48	69.84
20.5	3.75	37.27	54.26	72.76
21.0	3.50	37.94	55.95	76.24

Tabel 5.2 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Mayeerhof dan Bazara (Lanjutan)

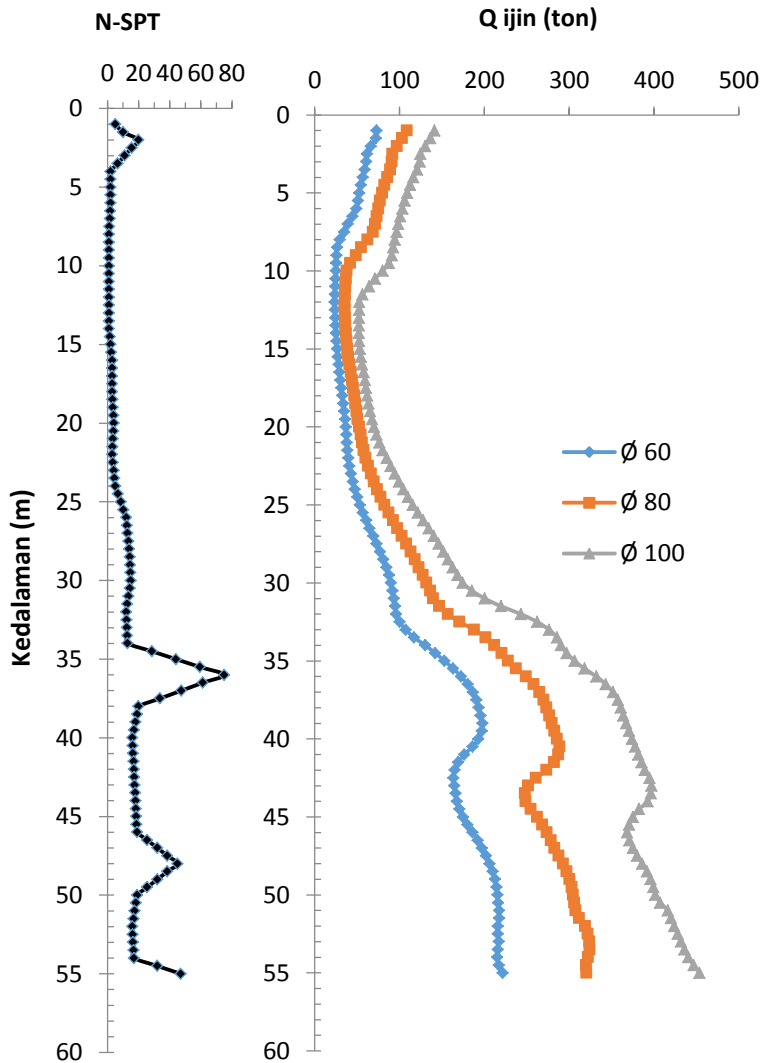
Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
21.5	3.25	38.70	57.95	80.27
22.0	3.00	39.54	60.27	84.85
22.5	3.50	40.86	63.02	89.70
23.0	4.00	42.65	66.37	94.59
23.5	4.50	44.83	69.94	99.53
24.0	5.00	47.41	73.72	104.52
24.5	6.75	50.26	77.94	109.75
25.0	8.50	53.38	82.50	115.42
25.5	10.25	56.88	87.33	121.52
26.0	12.00	60.76	92.42	128.05
26.5	12.50	64.79	97.54	134.39
27.0	13.00	68.97	102.86	140.43
27.5	13.50	73.11	108.09	146.19
28.0	14.00	77.22	113.24	151.66
28.5	14.25	81.03	118.26	157.12
29.0	14.50	84.57	122.92	162.78
29.5	14.75	87.54	127.48	168.61
30.0	15.00	89.94	131.97	174.62
30.5	14.25	91.88	136.20	185.37
31.0	13.50	93.36	139.79	200.46
31.5	12.75	94.67	146.78	219.81
32.0	12.00	95.82	157.08	243.29
32.5	12.25	99.99	170.78	262.27
33.0	12.50	107.13	188.16	276.38
33.5	12.75	117.21	201.78	285.76

Tabel 5.2 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Mayeerhof dan Bazara (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
34.0	13.00	130.17	211.72	290.45
34.5	28.50	142.11	220.45	297.21
35.0	44.00	153.04	228.05	306.45
35.5	59.50	163.21	237.63	318.10
36.0	75.00	172.62	249.14	332.10
36.5	61.25	180.36	258.16	343.28
37.0	47.50	186.46	265.02	351.79
37.5	33.75	190.76	270.09	357.69
38.0	20.00	193.29	273.36	361.02
38.5	19.00	195.69	276.74	364.13
39.0	18.00	197.95	279.94	367.36
39.5	17.00	197.03	282.96	370.71
40.0	16.00	192.98	285.81	374.18
40.5	16.25	186.00	288.66	377.98
41.0	16.50	176.18	287.51	381.78
41.5	16.75	169.19	282.44	385.58
42.0	17.00	164.98	273.54	389.39
42.5	17.25	163.47	260.90	394.81
43.0	17.50	164.63	251.97	397.11
43.5	17.75	166.04	248.03	396.33
44.0	18.00	167.70	249.01	392.52
44.5	18.25	170.62	254.81	382.53
45.0	18.50	174.84	262.23	375.27
45.5	18.75	180.08	268.49	370.61
46.0	19.00	186.31	273.66	368.47

Tabel 5.2 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Mayeerhof dan Bazara (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
46.5	25.50	192.03	278.50	371.24
47.0	32.00	197.29	282.74	375.17
47.5	38.50	202.05	287.58	380.23
48.0	45.00	206.31	292.98	386.38
48.5	38.50	209.77	297.32	391.82
49.0	32.00	212.45	300.64	396.22
49.5	25.50	214.34	303.11	399.57
50.0	19.00	215.46	304.76	401.88
50.5	18.25	216.50	306.30	407.51
51.0	17.50	217.46	307.74	416.39
51.5	16.75	217.32	311.98	420.24
52.0	16.00	216.04	318.98	424.03
52.5	16.25	215.99	322.20	427.93
53.0	16.50	217.15	324.04	431.96
53.5	16.75	215.87	324.21	436.12
54.0	17.00	215.38	322.44	440.44
54.5	32.00	217.21	320.09	447.10
55.0	47.00	221.62	320.63	453.72



Gambar 5.1 Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Konvensional dengan formula Mayeerhof dan Bazara

5.3.1.2 Formula Luciano Decourt

$$Q_{ult} = [\alpha \times (\check{N}_p \times K) \times A_p] + \left[\beta \times \left(\frac{\check{N}_s}{3} + 1 \right) \times A_s \right]$$

Contoh perhitungan daya dukung tiang pancang dengan formula Luciano Decourt adalah sebagai berikut :

Misal perhitungan tiang pancang pada BH-1 dengan kedalaman 30 m.

- Digunakan tiang pancang dengan diameter = 60 cm
- Nilai N-SPT = 15 (tanah lempung)
- $N_1 = N = 15$ (Karena tanah lempung maka tidak ada koreksi terhadap muka air tanah)
- Dipakai $N_{corr} = 15$
- $N_p = (14 + 14,25 + 14,5 + 14,75 + 15 + 14,25 + 13,5 + 12,75 + 12) / 9$
 $= 13,89$
- $K = 16 \text{ t/m}^2$ (lempung berlanau)
- $A_p = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 0,6^2$
 $= 0,283 \text{ m}^2$
- $N_s = \text{Nilai } N_{corr} \text{ rata-rata tiang yang tertanam}$
 $= 5,02$
- $A_s = (\pi \cdot d) \cdot \text{panjang tiang}$
 $= (\pi \cdot 0,6) \cdot 30 = 56,55 \text{ m}^2$

$$Q_{ult} = [\alpha \times (\check{N}_p \cdot K) \times A_p] + \left[\beta \times \left(\frac{\check{N}_s}{3} + 1 \right) \times A_s \right]$$

$$Q_{ult} = [1 \times (13,89 \cdot 16) \times 0,28] + \left[1 \times \left(\frac{5,02}{3} + 1 \right) \times 56,55 \right]$$

$$= 214,04 \text{ t}$$

$$Q_{ijin} = Q_{ult} / SF$$

$$= 214,04 / 3$$

$$= 71,35 \text{ t}$$

Hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.2.

Tabel 5.3 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Luciano Decourt

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
1	5.00	12.37	18.26	23.67
1.5	10.00	13.44	21.58	28.26
2.0	20.00	35.08	53.92	72.52
2.5	15.50	33.56	53.13	71.92
3.0	11.00	15.34	25.69	33.85
3.5	6.50	15.91	27.29	35.87
4.0	2.00	15.32	28.90	37.92
4.5	2.00	14.48	30.51	40.05
5.0	2.00	13.96	31.28	42.25
5.5	2.00	13.21	31.72	44.32
6.0	2.00	13.01	32.56	45.45
6.5	1.75	13.34	33.10	46.19
7.0	1.50	13.66	34.31	47.41
7.5	1.25	13.95	36.19	48.30
8.0	1.00	14.21	38.05	49.99
8.5	1.00	14.48	39.88	52.50
9.0	1.00	14.79	41.68	55.00
9.5	1.00	15.12	43.47	57.48
10.0	1.00	15.49	45.27	59.94
10.5	1.00	15.90	47.09	62.48
11.0	1.00	16.30	48.93	65.14
11.5	1.00	16.71	50.86	67.92
12.0	1.00	17.12	52.85	70.82

Tabel 5.3 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Luciano Decourt (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
12.5	1.00	17.59	54.90	73.76
13.0	1.00	18.12	57.01	76.68
13.5	1.00	18.72	59.10	79.59
14.0	1.00	19.38	61.17	82.48
14.5	1.50	20.10	63.24	85.41
15.0	2.00	20.87	65.31	88.38
15.5	2.50	21.70	67.41	91.40
16.0	3.00	22.58	69.56	94.47
16.5	3.00	23.49	71.73	97.47
17.0	3.00	24.37	73.93	100.42
17.5	3.00	25.22	76.08	103.31
18.0	3.00	26.04	78.10	106.14
18.5	3.25	26.79	80.00	109.06
19.0	3.50	27.53	81.78	111.98
19.5	3.75	28.27	83.56	114.89
20.0	4.00	29.01	85.42	117.80
20.5	3.75	29.78	87.33	120.93
21.0	3.50	30.55	89.30	124.36
21.5	3.25	31.34	91.53	128.09
22.0	3.00	32.12	93.96	132.14
22.5	3.50	33.15	96.64	136.28
23.0	4.00	34.48	99.56	140.47
23.5	4.50	36.12	102.53	144.71
24.0	5.00	38.06	105.63	149.01
24.5	6.75	40.28	108.92	153.36

Tabel 5.3 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Luciano Decourt (Lanjutan)

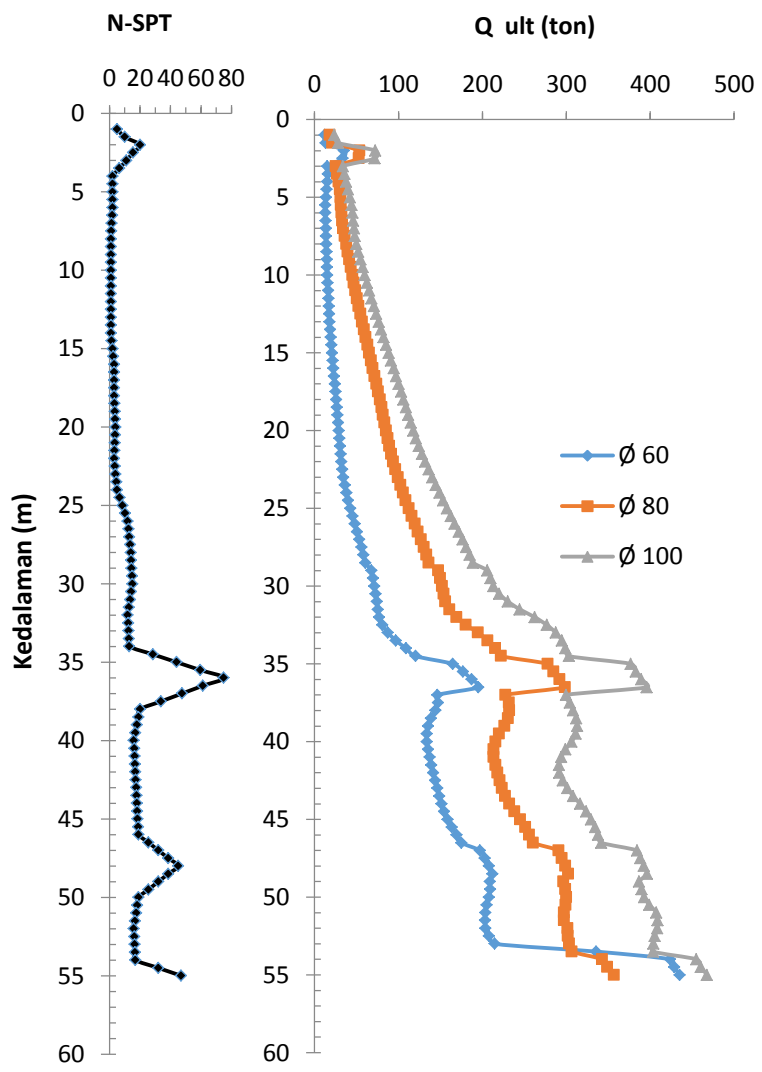
Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
25.0	8.50	42.69	112.39	157.85
25.5	10.25	45.29	116.02	162.49
26.0	12.00	48.07	119.69	167.28
26.5	12.50	50.87	123.34	171.99
27.0	13.00	53.54	126.98	176.49
27.5	13.50	56.07	130.46	180.78
28.0	14.00	58.47	133.57	184.85
28.5	14.25	60.58	136.31	188.90
29.0	14.50	67.86	147.76	206.19
29.5	14.75	69.70	149.93	209.96
30.0	15.00	71.35	152.07	213.38
30.5	14.25	72.88	154.12	220.15
31.0	13.50	74.33	156.08	230.60
31.5	12.75	75.69	161.10	244.71
32.0	12.00	76.98	169.23	262.49
32.5	12.25	80.85	180.52	276.77
33.0	12.50	87.47	194.97	287.61
33.5	12.75	96.84	206.54	295.01
34.0	13.00	108.96	215.45	298.97
34.5	28.50	120.54	222.53	303.28
35.0	44.00	164.79	277.90	376.84
35.5	59.50	176.98	284.82	382.88
36.0	75.00	187.14	292.24	389.54
36.5	61.25	195.52	298.54	396.04
37.0	47.50	146.65	227.89	299.77

Tabel 5.3 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Luciano Decourt (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
37.5	33.75	147.14	231.75	304.27
38.0	20.00	144.10	232.48	308.16
38.5	19.00	139.03	230.81	312.01
39.0	18.00	135.62	226.72	313.01
39.5	17.00	133.86	220.21	311.14
40.0	16.00	133.75	215.82	306.41
40.5	16.25	135.43	213.61	298.88
41.0	16.50	137.29	213.59	293.95
41.5	16.75	139.33	215.75	291.62
42.0	17.00	141.56	218.12	291.89
42.5	17.25	143.97	220.70	295.92
43.0	17.50	146.41	223.50	301.36
43.5	17.75	148.87	227.47	308.19
44.0	18.00	151.36	232.43	316.43
44.5	18.25	154.67	238.38	323.67
45.0	18.50	158.78	245.31	329.67
45.5	18.75	163.70	251.22	334.45
46.0	19.00	169.44	256.11	338.00
46.5	25.50	175.02	260.38	341.71
47.0	32.00	197.26	290.98	384.34
47.5	38.50	202.95	294.94	388.32
48.0	45.00	208.06	299.12	392.39
48.5	38.50	212.29	302.65	396.14
49.0	32.00	208.90	296.68	386.82
49.5	25.50	209.34	299.22	389.94

Tabel 5.3 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Luciano Decourt (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
50.0	19.00	207.88	300.04	392.71
50.5	18.25	205.29	299.53	399.09
51.0	17.50	203.76	297.68	407.51
51.5	16.75	203.27	297.53	409.07
52.0	16.00	203.84	301.77	408.57
52.5	16.25	208.04	302.12	405.63
53.0	16.50	214.90	303.68	403.88
53.5	16.75	335.53	306.81	403.61
54.0	17.00	423.88	343.10	455.13
54.5	32.00	428.68	348.95	460.55
55.0	47.00	435.05	356.94	467.73



Gambar 5.2 Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Konvensional dengan formula Luciano Decourt

5.3.1.3 Formula Reese and O'Neil

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = 9c_u A_p$$

$$Q_s = \alpha \times c_u \times L_i \times p$$

Contoh perhitungan daya dukung tiang pancang dengan formula Reese O'neil adalah sebagai berikut:

Misal perhitungan tiang pancang pada BH-1 dengan kedalaman 30 m.

- Digunakan tiang pancang dengan diameter = 60 cm
- Nilai N-SPT = 15 (tanah lempung)
- $\alpha = 0,55$ ($C_u < 21,5 \text{ t/m}^2$)
- $C_u = 0,75 \text{ kg/cm}^2 = 7,5 \text{ t/m}^2$ (korelasi dari nilai N)
- $A_p = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 0,6^2 = 0,283 \text{ m}^2$
- $p = \pi \cdot d = \pi \cdot 0,6 = 1,885 \text{ m}$
- $Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p = 9 \times 7,5 \times 0,283$
 $= 19,09 \text{ t}$
- $Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot L_i \cdot p = 0,55 \times 7,5 \times 30 \times 1,885$
 $= 233,3 \text{ t}$
- $Q_{ult} = Q_p + Q_s$
 $= 19,09 + 233,3 = 252,3 \text{ t}$
- $Q_{ijin} = Q_{ult}/SF$
 $= 252,3/3$
 $= 84,12 \text{ t}$

Hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Gambar 5.3.

Tabel 5.4 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Reese and O'Neil

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
1	5.00	2.98	4.92	7.33
1.5	10.00	6.83	11.00	16.10
2.0	20.00	15.39	24.29	35.08
2.5	15.50	13.27	20.61	29.42
3.0	11.00	10.37	15.90	22.46
3.5	6.50	6.69	10.14	14.21
4.0	2.00	2.23	3.35	4.66
4.5	2.00	2.40	3.58	4.95
5.0	2.00	2.58	3.81	5.24
5.5	2.00	2.75	4.04	5.52
6.0	2.00	2.92	4.27	5.81
6.5	1.75	2.71	3.94	5.34
7.0	1.50	2.45	3.55	4.79
7.5	1.25	2.15	3.10	4.17
8.0	1.00	1.81	2.60	3.48
8.5	1.00	1.89	2.71	3.63
9.0	1.00	1.98	2.83	3.77
9.5	1.00	2.07	2.94	3.91
10.0	1.00	2.15	3.06	4.06
10.5	1.00	2.24	3.17	4.20
11.0	1.00	2.32	3.29	4.35
11.5	1.00	2.41	3.40	4.49
12.0	1.00	2.50	3.52	4.63
12.5	1.00	2.58	3.63	4.78
13.0	1.00	2.67	3.75	4.92

Tabel 5.4 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Reese and O'Neil (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
13.5	1.00	2.76	3.86	5.07
14.0	1.00	2.84	3.98	5.21
14.5	1.50	4.39	6.14	8.03
15.0	2.00	6.03	8.42	11.00
15.5	2.50	7.76	10.81	14.10
16.0	3.00	9.57	13.32	17.36
16.5	3.00	9.83	13.67	17.79
17.0	3.00	10.08	14.01	18.22
17.5	3.00	10.34	14.36	18.65
18.0	3.00	10.60	14.70	19.09
18.5	3.25	11.77	16.30	21.14
19.0	3.50	12.97	17.96	23.27
19.5	3.75	14.23	19.67	25.48
20.0	4.00	15.52	21.45	27.75
20.5	3.75	14.87	20.54	26.56
21.0	3.50	14.18	19.57	25.29
21.5	3.25	13.45	18.55	23.95
22.0	3.00	12.68	17.47	22.54
22.5	3.50	15.09	20.78	26.80
23.0	4.00	17.59	24.21	31.21
23.5	4.50	20.18	27.76	35.76
24.0	5.00	22.86	31.42	40.45
24.5	6.75	31.44	43.19	55.58
25.0	8.50	40.32	55.37	71.21
25.5	10.25	49.51	67.94	87.35

Tabel 5.4 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Reese and O'Neil (Lanjutan)

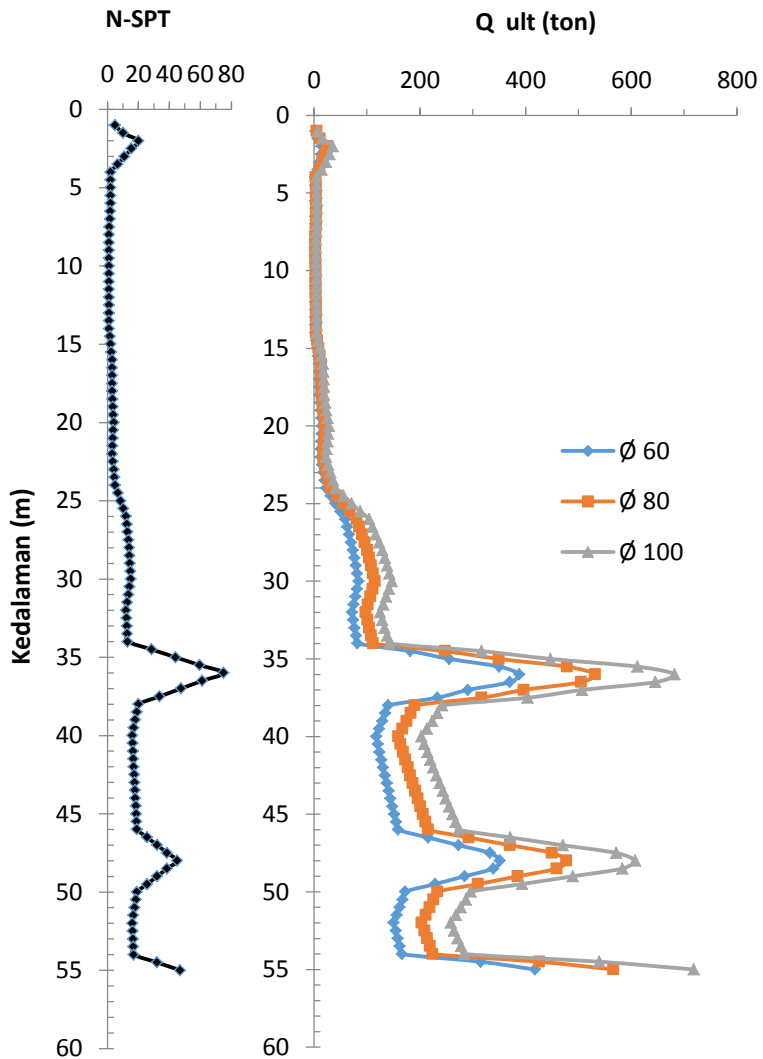
Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
26.0	12.00	59.00	80.93	103.99
26.5	12.50	62.54	85.74	110.12
27.0	13.00	66.16	90.67	116.40
27.5	13.50	69.87	95.71	122.82
28.0	14.00	73.67	100.87	129.38
28.5	14.25	76.22	104.31	133.74
29.0	14.50	78.81	107.81	138.18
29.5	14.75	81.44	111.37	142.68
30.0	15.00	84.12	114.98	147.26
30.5	14.25	81.14	110.87	141.95
31.0	13.50	78.04	106.59	136.42
31.5	12.75	74.80	102.14	130.68
32.0	12.00	71.44	97.52	124.72
32.5	12.25	73.99	100.96	129.08
33.0	12.50	76.58	104.46	133.52
33.5	12.75	79.21	108.02	138.02
34.0	13.00	81.89	111.63	142.60
34.5	28.50	181.98	248.01	316.73
35.0	44.00	255.73	349.26	446.94
35.5	59.50	350.39	478.40	612.02
36.0	75.00	388.07	531.56	682.12
36.5	61.25	370.12	505.05	645.74
37.0	47.50	290.69	396.54	506.87
37.5	33.75	233.00	317.03	404.23
38.0	20.00	139.80	190.17	242.43

Tabel 5.4 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Reese and O'Neil (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
38.5	19.00	134.45	182.85	233.04
39.0	18.00	128.93	175.30	223.37
39.5	17.00	123.24	167.52	213.41
40.0	16.00	117.37	159.51	203.16
40.5	16.25	120.61	163.87	208.67
41.0	16.50	123.89	168.30	214.26
41.5	16.75	127.21	172.77	219.91
42.0	17.00	130.58	177.31	225.64
42.5	17.25	133.99	181.91	231.45
43.0	17.50	137.44	186.56	237.32
43.5	17.75	140.94	191.27	243.27
44.0	18.00	144.48	196.04	249.29
44.5	18.25	148.07	200.86	255.38
45.0	18.50	151.69	205.74	261.54
45.5	18.75	155.36	210.68	267.77
46.0	19.00	159.07	215.68	274.08
46.5	25.50	215.70	292.40	371.51
47.0	32.00	273.44	370.62	470.82
47.5	38.50	332.31	450.34	572.00
48.0	45.00	351.59	477.27	607.19
48.5	38.50	338.97	459.21	583.09
49.0	32.00	284.50	385.37	489.25
49.5	25.50	228.92	310.03	393.54
50.0	19.00	172.21	233.19	295.96
50.5	18.25	166.99	226.09	286.91

Tabel 5.4 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Konvensional dengan formula Reese and O'Neil (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
51.0	17.50	161.63	218.81	277.64
51.5	16.75	156.15	211.36	268.15
52.0	16.00	150.55	203.74	258.45
52.5	16.25	154.30	208.80	264.83
53.0	16.50	158.10	213.91	271.28
53.5	16.75	161.94	219.08	277.80
54.0	17.00	165.83	224.31	284.39
54.5	32.00	314.91	425.92	539.94
55.0	47.00	417.86	566.01	718.59



Gambar 5.3 Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Konvensional dengan formula Reese O'Neil

5.3.2 Metode Statistik

Penentuan daya dukung pondasi tiang pancang metode statistik didasarkan pada penggunaan parameter tanah hasil perhitungan statistik. Adapun parameter tanah yang distatistikkan adalah NSPT, berat volume jenuh (γ_{sat}) tanah, NSPT, dan kuat geser tanah undrained. Untuk perhitungannya menggunakan formula yang sama seperti metode konvensional. Hasil penentuan parameter tanah dengan distribusi statistik dapat dilihat pada Tabel 5.5 sampai Tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5.5 Penentuan parameter tanah (γ_{sat}) cara statistic

γ_{sat} (t/m ³)								
Elevasi (m)	Jumlah Data	db	Probabilitas (t)	Mean	St. Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	γ_{sat} (t/m ³)
0 - 27	65	64	1.672	1.573	0.131	1.600	1.546	1.551
27 - 35	20	19	1.729	1.887	0.095	1.924	1.850	1.858
35 - 37	5	4	2.132	2.225	0.056	2.278	2.172	2.182
37 - 54	45	44	1.681	1.934	0.096	1.958	1.910	1.914
54 - 55	5	4	2.132	2.058	0.071	2.125	1.990	2.004

(sumber : hasil Analisa)

Tabel 5.6 Penentuan parameter tanah (NSPT) cara statistic

NSPT (t/m ³)								
Elevasi (m)	Jumlah Data	db	Probabilitas (t)	Mean	St. Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	NSPT (t/m ³)
0 - 27	65	64	1.672	4.086	3.385	4.788	3.384	4
27 - 35	20	19	1.729	19.650	13.244	24.770	14.530	16
35 - 37	5	4	2.132	69.000	13.416	81.792	56.208	59
37 - 54	45	44	1.681	22.556	11.542	25.447	19.664	20
54 - 55	5	4	2.132	40.200	4.604	44.590	35.810	37

(sumber : hasil Analisa)

Tabel 5.7 Penentuan parameter tanah (Cu) cara statistic

Cu (t/m ²)								
Elevasi (m)	Jumlah Data	db	Probabilitas (t)	Mean	St.Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Cu (t/m ²)
0 - 27	65	64	1.672	1.723	1.918	2.121	1.325	1.405
27 - 35	20	19	1.729	9.825	6.622	12.385	7.265	7.777
35 - 37	5	4	2.132	34.500	6.708	40.896	28.104	29.383
37 - 54	45	44	1.681	11.278	5.771	12.724	9.832	10.121
54 - 55	5	4	2.132	20.100	2.302	22.295	17.905	18.344

(sumber : hasil Analisa)

5.3.2.1 Formula Mayerhof dan Bazara

Contoh perhitungan daya dukung tiang pancang dengan menggunakan formula Mayerhof dan Bazara adalah sebagai berikut:

Misal perhitungan tiang pancang pada BH-1 dengan kedalaman 30 m.

- Digunakan tiang pancang dengan diameter = 60 cm
- Nilai N-SPT = 15 (tanah lempung)
- $N1 = N = 15$ (karena tanah lempung maka tidak ada koreksi terhadap muka air tanah)
- $\gamma_{sat} = 1.858 \text{ t/m}^3$ (perhitungan statistik)
- $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1,858 - 1 = 0,858 \text{ t/m}^3$
- $Po = \Sigma Po \text{ (di atasnya)} + (\gamma' \cdot h) = 16,747 + (0,858 \cdot 0,5) = 17,176 \text{ t/m}^2 (> 7,5 \text{ t/m}^2)$
- $$N2 = \frac{4 N1}{3,25 + 0,1 Po} = \frac{4 \times 15}{3,25 + (0,1 \times 17,292)} = 12,078$$
- $2N1 = 2 \times 15 = 30$
- $N_{corr} = 12,078$ (dipakai $N2$, karena $N2 < 2N1$)
- $N = \text{rata-rata nilai } N \text{ 4D di bawah sampai 8D di atas ujung tiang} = 10.93$
- $4D = 4 \times 0,6 = 2,4 \text{ m } (30+2,4=32,4 \text{ m})$
- $8D = 8 \times 0,6 = 4,8 \text{ m } (30-4,8=25,2 \text{ m})$
- $Ap = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 0,6^2 = 0,283 \text{ m}^2$
- $f_{si} = N/2 \text{ (tanah lempung)} = 12,078/2 = 6,04 \text{ t/m}^2$
- $As = \pi \cdot d \cdot h = \pi \cdot 0,6 \cdot 0,5 = 0,94 \text{ m}$
- $R_{si} = f_{si} \times As = 6,04 \cdot 0.94 = 5,69 \text{ t}$
- $\Sigma R_{si} = \Sigma R_{si} \text{ (diatasnya)} + R_{si} = 140,89 + 5,69 = 146,58 \text{ t}$
- $Q \text{ ult} = 40 N \cdot Ap + \Sigma f_{si} \cdot As = Q \text{ ujung} + \Sigma R_{si}$
- $= 123,64 + 146,58 = 270,22 \text{ t}$

$$\begin{aligned}
 Q_{ijin} &= Q_{ult}/SF \\
 &= 270,22/3 \\
 &= 90,07 \text{ t}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.4.

Tabel 5.8 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
1	5.00	72.90	108.94	141.78
1.5	10.00	72.32	103.13	137.08
2.0	20.00	66.32	97.36	131.29
2.5	15.50	61.86	92.56	125.79
3.0	11.00	60.94	91.85	124.81
3.5	6.50	59.41	89.81	122.06
4.0	2.00	57.05	86.33	117.45
4.5	2.00	55.00	83.23	113.52
5.0	2.00	53.20	80.45	110.13
5.5	2.00	51.58	78.06	107.16
6.0	2.00	49.86	75.98	104.52
6.5	1.75	45.34	74.07	102.07
7.0	1.50	39.64	72.29	99.76
7.5	1.25	35.30	69.62	97.57
8.0	1.00	29.96	63.30	95.47
8.5	1.00	27.02	55.55	93.56
9.0	1.00	26.49	49.68	91.80
9.5	1.00	25.94	42.59	88.39
10.0	1.00	25.37	38.65	80.78

Tabel 5.8 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
10.5	1.00	24.83	37.87	71.67
11.0	1.00	24.34	37.06	65.03
11.5	1.00	23.99	36.42	57.14
12.0	1.00	23.77	36.02	53.22
12.5	1.00	23.82	35.83	53.05
13.0	1.00	24.11	36.03	52.86
13.5	1.00	24.54	36.40	52.66
14.0	1.00	25.11	36.93	52.52
14.5	1.50	25.77	37.72	52.68
15.0	2.00	26.51	38.63	53.31
15.5	2.50	27.33	39.74	54.38
16.0	3.00	28.23	41.03	55.87
16.5	3.00	29.20	42.42	57.44
17.0	3.00	30.23	43.88	58.93
17.5	3.00	31.32	45.27	60.33
18.0	3.00	32.48	46.59	61.65
18.5	3.25	33.61	47.87	63.23
19.0	3.50	34.72	49.12	65.05
19.5	3.75	35.66	50.59	67.13
20.0	4.00	36.43	52.25	69.45
20.5	3.75	37.16	54.03	72.36
21.0	3.50	37.83	55.72	75.83
21.5	3.25	38.59	57.72	79.87
22.0	3.00	39.42	60.03	84.46
22.5	3.50	40.73	62.78	89.33

Tabel 5.8 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara (Lanjutan)

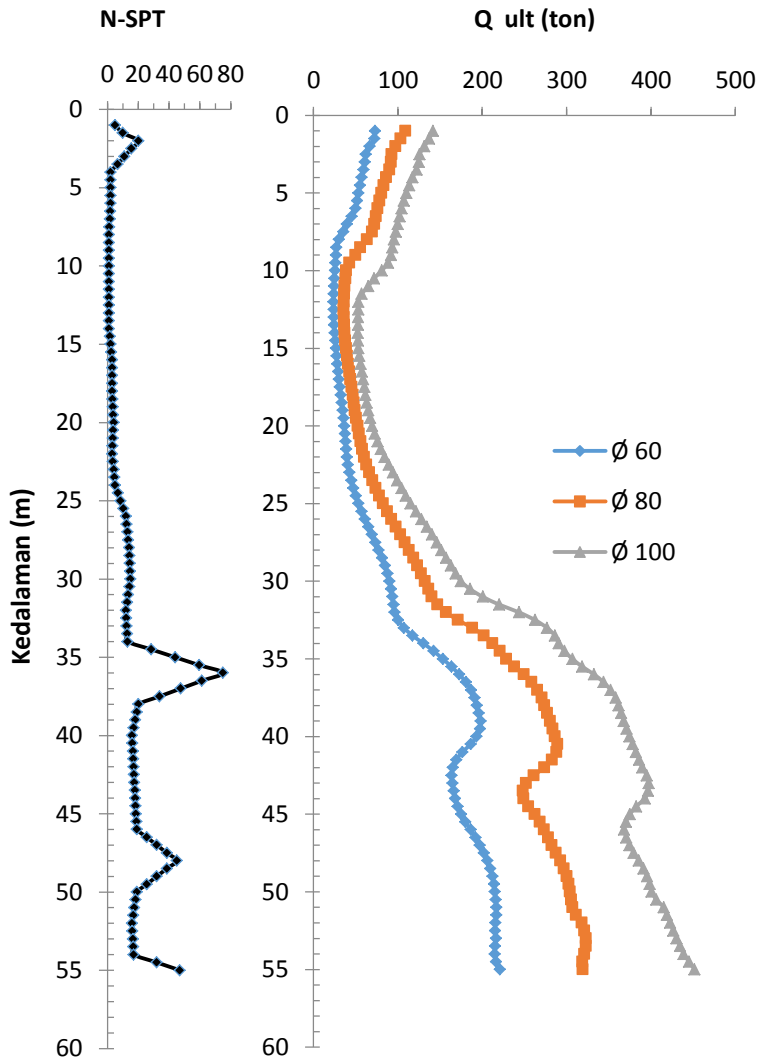
Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
23.0	4.00	42.52	66.14	94.26
23.5	4.50	44.70	69.73	99.24
24.0	5.00	47.29	73.53	104.25
24.5	6.75	50.15	77.77	109.51
25.0	8.50	53.29	82.36	115.20
25.5	10.25	56.81	87.21	121.33
26.0	12.00	60.71	92.33	127.89
26.5	12.50	64.77	97.49	134.26
27.0	13.00	68.97	102.84	140.34
27.5	13.50	73.14	108.11	146.13
28.0	14.00	77.27	113.28	151.64
28.5	14.25	81.11	118.32	157.14
29.0	14.50	84.67	123.00	162.81
29.5	14.75	87.65	127.59	168.66
30.0	15.00	90.07	132.09	174.69
30.5	14.25	92.02	136.33	185.46
31.0	13.50	93.50	139.94	200.60
31.5	12.75	94.80	146.94	220.00
32.0	12.00	95.94	157.28	243.57
32.5	12.25	100.10	171.01	262.61
33.0	12.50	107.24	188.44	276.77
33.5	12.75	117.33	202.07	286.17
34.0	13.00	130.32	212.02	290.87
34.5	28.50	142.28	220.74	297.65
35.0	44.00	153.23	228.35	306.90

Tabel 5.8 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
35.5	59.50	163.42	237.94	318.55
36.0	75.00	172.85	249.47	332.57
36.5	61.25	180.61	258.51	343.76
37.0	47.50	186.72	265.38	352.27
37.5	33.75	191.04	270.45	358.16
38.0	20.00	193.57	273.72	361.48
38.5	19.00	195.97	277.10	364.58
39.0	18.00	198.24	280.29	367.80
39.5	17.00	197.32	283.31	371.13
40.0	16.00	193.24	286.16	374.59
40.5	16.25	186.24	289.02	378.37
41.0	16.50	176.37	287.86	382.16
41.5	16.75	169.34	282.75	385.96
42.0	17.00	165.11	273.80	389.75
42.5	17.25	163.58	261.10	395.17
43.0	17.50	164.73	252.12	397.40
43.5	17.75	166.12	248.14	396.51
44.0	18.00	167.76	249.06	392.60
44.5	18.25	170.68	254.78	382.49
45.0	18.50	174.85	262.14	375.09
45.5	18.75	180.04	268.35	370.33
46.0	19.00	186.23	273.43	368.12
46.5	25.50	191.91	278.20	370.82
47.0	32.00	197.09	282.38	374.66
47.5	38.50	201.79	287.14	379.63

Tabel 5.8 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
48.0	45.00	206.00	292.48	385.69
48.5	38.50	209.41	296.76	391.05
49.0	32.00	212.03	300.00	395.35
49.5	25.50	213.88	302.41	398.61
50.0	19.00	214.96	304.00	400.85
50.5	18.25	215.96	305.49	406.36
51.0	17.50	216.89	306.87	415.11
51.5	16.75	216.70	311.03	418.89
52.0	16.00	215.42	317.91	422.61
52.5	16.25	215.34	321.07	426.44
53.0	16.50	216.45	322.84	430.39
53.5	16.75	215.15	322.99	434.48
54.0	17.00	214.66	321.21	438.71
54.5	32.00	216.46	318.82	445.25
55.0	47.00	220.82	319.29	451.73



Gambar 5.4 Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Statistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara

5.3.2.2 Formula Luciano Decourt

Contoh perhitungan daya dukung tiang pancang dengan menggunakan formula Luciano Decourt adalah sebagai berikut:
Misal perhitungan tiang pancang pada BH-1 dengan kedalaman 30 m.

- Digunakan tiang pancang dengan diameter = 60 cm
- Nilai N-SPT = 15,55 (perhitungan statistik)
- $N_1 = N = 15,55$ (Karena tanah lempung maka tidak ada koreksi terhadap muka air tanah)
- Dipakai $N_{corr} = 15,55$
- $N_p = (15,55 + 15,55 + 15,55 + 15,55 + 15,55 + 15,55 + 15,55 + 15,55 + 15,55) / 9$
 $= 15,55$
- $K = 16 \text{ t/m}^2$ (lempung berlanau)
- $A_p = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 0,6^2$
 $= 0,283 \text{ m}^2$
- $N_s = \text{Nilai } N_{corr} \text{ rata-rata tiang yang tertanam}$
 $= 4,75$
- $A_s = (\pi \cdot d) \cdot \text{panjang tiang}$
 $= (\pi \cdot 0,6) \cdot 30 = 56,55 \text{ m}^2$

$$Q_{ult} = [\alpha \times (\check{N}_p \cdot K) \times A_p] + \left[\beta \times \left(\frac{\check{N}_s}{3} + 1 \right) \times A_s \right]$$

$$Q_{ult} = [1 \times (15,55 \cdot 16) \times 0,283] + \left[1 \times \left(\frac{4,75}{3} + 1 \right) \times 56,55 \right]$$

$$= 216,41 \text{ t}$$

$$Q_{ijin} = Q_{ult} / SF$$

$$= 216,41 / 3$$

$$= 72,14 \text{ t}$$

Hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.5.

Tabel 5.9 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Luciano Decourt

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
1	5.00	5.35	8.91	13.35
1.5	10.00	6.04	13.78	19.48
2.0	20.00	16.02	32.49	48.09
2.5	15.50	16.70	34.65	50.84
3.0	11.00	8.09	20.26	27.75
3.5	6.50	8.77	22.37	30.48
4.0	2.00	9.45	24.47	33.19
4.5	2.00	10.14	26.54	35.89
5.0	2.00	10.82	28.60	38.58
5.5	2.00	11.50	30.64	41.25
6.0	2.00	12.19	32.65	43.91
6.5	1.75	12.87	34.65	46.56
7.0	1.50	13.55	36.64	49.19
7.5	1.25	14.24	38.60	51.81
8.0	1.00	14.92	40.55	54.42
8.5	1.00	15.60	42.48	57.01
9.0	1.00	16.29	44.39	59.60
9.5	1.00	16.97	46.29	62.17
10.0	1.00	17.65	48.17	64.72
10.5	1.00	18.33	50.04	67.27
11.0	1.00	19.02	51.90	69.81
11.5	1.00	19.70	53.74	72.33
12.0	1.00	20.38	55.56	74.84
12.5	1.00	21.07	57.37	77.34
13.0	1.00	21.75	59.17	79.83

Tabel 5.9 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Luciano Decourt (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
13.5	1.00	22.43	60.95	82.31
14.0	1.00	23.12	62.73	84.77
14.5	1.50	23.80	64.49	87.23
15.0	2.00	24.48	66.23	89.67
15.5	2.50	25.17	67.97	92.11
16.0	3.00	25.85	69.69	94.53
16.5	3.00	26.53	71.40	96.95
17.0	3.00	27.22	73.10	99.35
17.5	3.00	27.90	74.79	101.75
18.0	3.00	28.58	76.47	104.13
18.5	3.25	29.27	78.14	106.50
19.0	3.50	29.95	79.80	108.87
19.5	3.75	30.63	81.44	111.22
20.0	4.00	31.32	83.08	113.57
20.5	3.75	32.00	84.71	115.91
21.0	3.50	32.68	86.33	118.23
21.5	3.25	33.37	87.94	120.55
22.0	3.00	34.05	89.54	122.86
22.5	3.50	34.73	91.13	125.16
23.0	4.00	35.42	92.71	127.45
23.5	4.50	36.10	94.28	131.96
24.0	5.00	36.78	95.85	136.45
24.5	6.75	37.47	99.26	140.94
25.0	8.50	38.15	102.67	145.42
25.5	10.25	40.34	106.07	149.89

Tabel 5.9 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Luciano Decourt (Lanjutan)

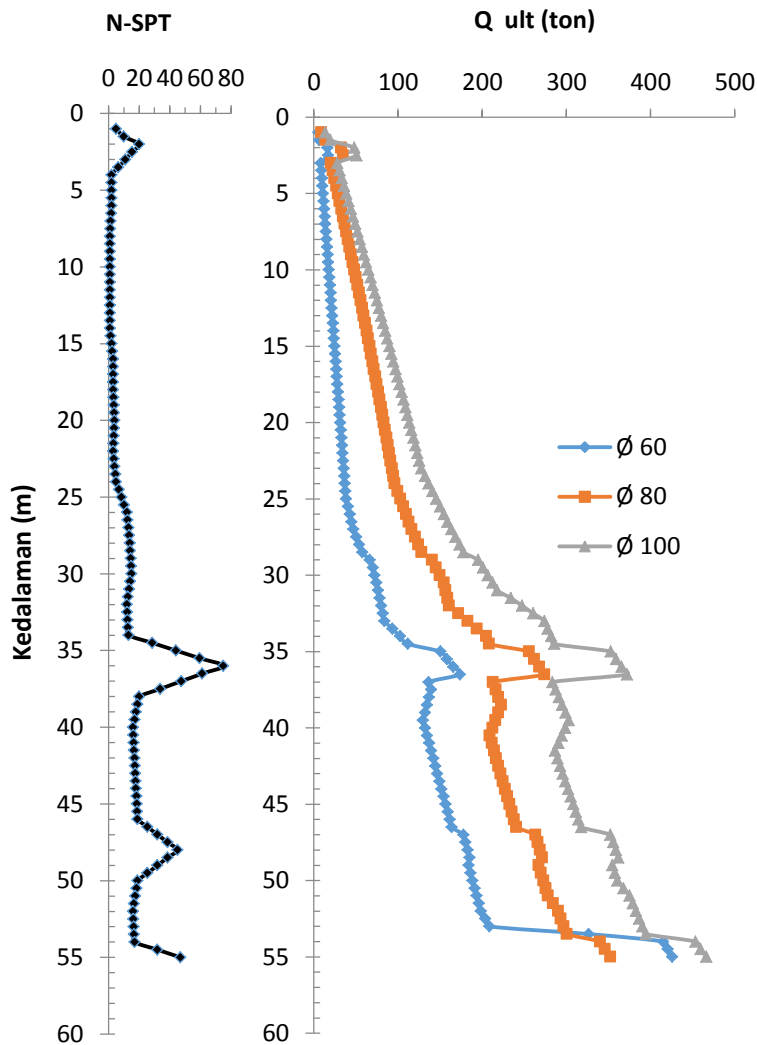
Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
26.0	12.00	42.54	109.47	154.35
26.5	12.50	44.73	112.85	158.81
27.0	13.00	46.93	116.23	163.26
27.5	13.50	50.41	120.16	168.12
28.0	14.00	53.88	124.11	172.99
28.5	14.25	57.36	128.06	177.86
29.0	14.50	66.20	140.58	195.32
29.5	14.75	70.17	145.16	200.94
30.0	15.00	72.14	149.74	206.57
30.5	14.25	74.10	154.34	212.20
31.0	13.50	76.06	156.46	217.83
31.5	12.75	78.02	158.58	234.12
32.0	12.00	79.98	160.71	247.44
32.5	12.25	81.94	171.75	260.77
33.0	12.50	83.90	182.80	274.10
33.5	12.75	93.10	193.86	277.95
34.0	13.00	102.30	204.92	281.80
34.5	28.50	111.49	208.04	285.65
35.0	44.00	150.18	255.76	352.71
35.5	59.50	157.95	261.83	359.08
36.0	75.00	165.72	267.94	365.49
36.5	61.25	173.49	274.10	371.95
37.0	47.50	136.12	212.75	283.40
37.5	33.75	139.16	216.00	287.27
38.0	20.00	136.76	219.27	291.15

Tabel 5.9 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Luciano Decourt (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
38.5	19.00	134.37	222.53	295.04
39.0	18.00	131.98	219.13	298.93
39.5	17.00	129.59	215.73	302.83
40.0	16.00	132.03	212.34	298.76
40.5	16.25	134.48	208.96	294.69
41.0	16.50	136.93	211.54	290.62
41.5	16.75	139.37	214.12	286.56
42.0	17.00	141.82	216.72	289.63
42.5	17.25	144.27	219.32	292.71
43.0	17.50	146.71	221.93	295.79
43.5	17.75	149.16	224.55	298.88
44.0	18.00	151.60	227.17	301.97
44.5	18.25	154.05	229.79	305.07
45.0	18.50	156.49	232.43	308.18
45.5	18.75	158.94	235.07	311.29
46.0	19.00	161.38	237.71	314.41
46.5	25.50	163.83	240.37	317.54
47.0	32.00	177.72	263.37	352.47
47.5	38.50	180.16	266.04	355.60
48.0	45.00	182.60	268.71	358.75
48.5	38.50	185.05	271.38	361.90
49.0	32.00	183.67	267.28	354.45
49.5	25.50	186.12	269.97	357.61
50.0	19.00	188.56	272.66	360.78
50.5	18.25	191.00	275.35	368.00

Tabel 5.9 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Luciano Decourt (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
51.0	17.50	193.44	278.06	375.23
51.5	16.75	195.89	284.16	378.92
52.0	16.00	198.33	290.26	382.68
52.5	16.25	203.53	293.54	386.53
53.0	16.50	208.72	296.93	390.49
53.5	16.75	326.49	300.46	394.58
54.0	17.00	415.18	340.21	453.57
54.5	32.00	420.47	346.01	459.70
55.0	47.00	425.76	352.38	466.28



Gambar 5.5 Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Statistik dengan formula Luciano Decourt

5.3.2.3 Formula Reese O'neil

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = 9c_u A_p$$

$$Q_s = \alpha \times c_u \times L_i \times p$$

Contoh perhitungan daya dukung tiang pancang dengan menggunakan formula Reese O'neil adalah sebagai berikut:

Misal perhitungan tiang pancang pada BH-1 dengan kedalaman 30 m.

- Digunakan tiang pancang dengan diameter = 60 cm
- Nilai N-SPT = 15 (tanah lempung)
- $\alpha = 0,55$ ($C_u < 21,5 \text{ t/m}^2$)
- $C_u = 7,77 \text{ t/m}^2$ (perhitungan statistik)
- $A_p = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 0,6^2 = 0,283 \text{ m}^2$
- $p = \pi \cdot d = \pi \cdot 0,6 = 1,885 \text{ m}$
- $Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p = 9 \times 7,77 \times 0,283$
 $= 19,79 \text{ t}$
- $Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot L_i \cdot p = 0,55 \times 7,77 \times 30 \times 1,885$
 $= 241,88 \text{ t}$
- $Q_{ult} = Q_p + Q_s$
 $= 19,79 + 241,88 = 261,7 \text{ t}$
- $Q_{ijin} = Q_{ult}/SF$
 $= 261,7/3$
 $= 87,22 \text{ t}$

Hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan Gambar 5.6.

Tabel 5.10 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Reese O'neil

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
1	5.00	1.68	2.77	4.12
1.5	10.00	1.92	3.09	4.52
2.0	20.00	2.16	3.41	4.93
2.5	15.50	2.41	3.74	5.33
3.0	11.00	2.65	4.06	5.74
3.5	6.50	2.89	4.38	6.14
4.0	2.00	3.13	4.71	6.55
4.5	2.00	3.38	5.03	6.95
5.0	2.00	3.62	5.36	7.36
5.5	2.00	3.86	5.68	7.76
6.0	2.00	4.10	6.00	8.17
6.5	1.75	4.35	6.33	8.57
7.0	1.50	4.59	6.65	8.97
7.5	1.25	4.83	6.97	9.38
8.0	1.00	5.08	7.30	9.78
8.5	1.00	5.32	7.62	10.19
9.0	1.00	5.56	7.94	10.59
9.5	1.00	5.80	8.27	11.00
10.0	1.00	6.05	8.59	11.40
10.5	1.00	6.29	8.92	11.81
11.0	1.00	6.53	9.24	12.21
11.5	1.00	6.77	9.56	12.62
12.0	1.00	7.02	9.89	13.02
12.5	1.00	7.26	10.21	13.42
13.0	1.00	7.50	10.53	13.83

Tabel 5.10 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Reese O'neil (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
13.5	1.00	7.75	10.86	14.23
14.0	1.00	7.99	11.18	14.64
14.5	1.50	8.23	11.50	15.04
15.0	2.00	8.47	11.83	15.45
15.5	2.50	8.72	12.15	15.85
16.0	3.00	8.96	12.48	16.26
16.5	3.00	9.20	12.80	16.66
17.0	3.00	9.45	13.12	17.07
17.5	3.00	9.69	13.45	17.47
18.0	3.00	9.93	13.77	17.88
18.5	3.25	10.17	14.09	18.28
19.0	3.50	10.42	14.42	18.68
19.5	3.75	10.66	14.74	19.09
20.0	4.00	10.90	15.07	19.49
20.5	3.75	11.14	15.39	19.90
21.0	3.50	11.39	15.71	20.30
21.5	3.25	11.63	16.04	20.71
22.0	3.00	11.87	16.36	21.11
22.5	3.50	12.12	16.68	21.52
23.0	4.00	12.36	17.01	21.92
23.5	4.50	12.60	17.33	22.33
24.0	5.00	12.84	17.65	22.73
24.5	6.75	13.09	17.98	23.13
25.0	8.50	13.33	18.30	23.54
25.5	10.25	13.57	18.63	23.94

Tabel 5.10 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Reese O'neil (Lanjutan)

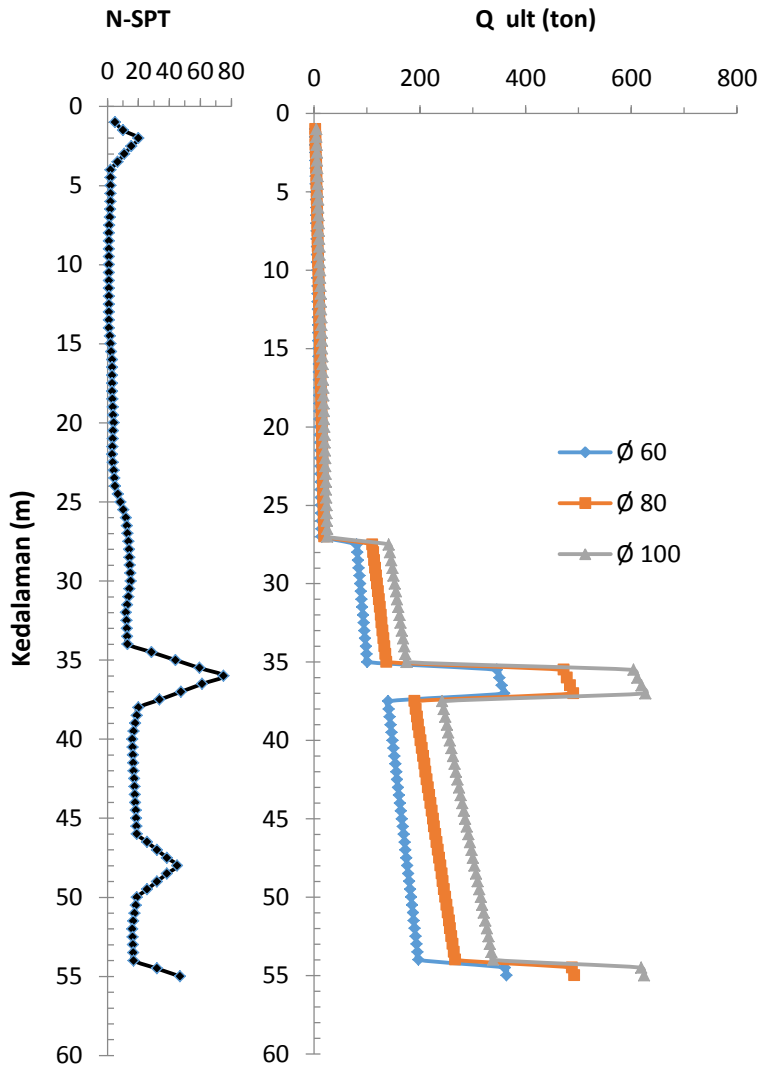
Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
26.0	12.00	13.81	18.95	24.35
26.5	12.50	14.06	19.27	24.75
27.0	13.00	14.30	19.60	25.16
27.5	13.50	80.50	110.27	141.50
28.0	14.00	81.85	112.06	143.74
28.5	14.25	83.19	113.85	145.98
29.0	14.50	84.53	115.64	148.22
29.5	14.75	85.88	117.44	150.46
30.0	15.00	87.22	119.23	152.70
30.5	14.25	88.57	121.02	154.94
31.0	13.50	89.91	122.81	157.18
31.5	12.75	91.25	124.60	159.42
32.0	12.00	92.60	126.39	161.66
32.5	12.25	93.94	128.19	163.90
33.0	12.50	95.28	129.98	166.14
33.5	12.75	96.63	131.77	168.38
34.0	13.00	97.97	133.56	170.62
34.5	28.50	99.32	135.35	172.86
35.0	44.00	100.66	137.14	175.09
35.5	59.50	346.07	472.50	604.48
36.0	75.00	350.59	478.54	612.02
36.5	61.25	355.12	484.57	619.55
37.0	47.50	359.64	490.60	627.09
37.5	33.75	139.74	190.14	242.45
38.0	20.00	141.49	192.47	245.36

Tabel 5.10 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Reese O'neil (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
38.5	19.00	143.24	194.80	248.28
39.0	18.00	144.99	197.14	251.19
39.5	17.00	146.74	199.47	254.10
40.0	16.00	148.49	201.80	257.02
40.5	16.25	150.24	204.13	259.93
41.0	16.50	151.99	206.46	262.85
41.5	16.75	153.73	208.80	265.76
42.0	17.00	155.48	211.13	268.68
42.5	17.25	157.23	213.46	271.59
43.0	17.50	158.98	215.79	274.51
43.5	17.75	160.73	218.12	277.42
44.0	18.00	162.48	220.45	280.34
44.5	18.25	164.23	222.79	283.25
45.0	18.50	165.98	225.12	286.17
45.5	18.75	167.72	227.45	289.08
46.0	19.00	169.47	229.78	292.00
46.5	25.50	171.22	232.11	294.91
47.0	32.00	172.97	234.44	297.82
47.5	38.50	174.72	236.78	300.74
48.0	45.00	176.47	239.11	303.65
48.5	38.50	178.22	241.44	306.57
49.0	32.00	179.97	243.77	309.48
49.5	25.50	181.72	246.10	312.40
50.0	19.00	183.46	248.43	315.31
50.5	18.25	185.21	250.77	318.23

Tabel 5.10 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Statistik dengan formula Reese O'neil (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
51.0	17.50	186.96	253.10	321.14
51.5	16.75	188.71	255.43	324.06
52.0	16.00	190.46	257.76	326.97
52.5	16.25	192.21	260.09	329.89
53.0	16.50	193.96	262.42	332.80
53.5	16.75	195.71	264.76	335.71
54.0	17.00	197.45	267.09	338.63
54.5	32.00	361.05	488.31	619.03
55.0	47.00	364.22	492.54	624.32



Gambar 5.6 Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 dengan formula Reese O'neil (Metode Statistik)

5.3.3 Metode Probabilistik

Tabel 5.11 Perbandingan Faktor Reduksi Tahanan, Faktor Beban dan SF antara SNI dan Usulan (Lastiasih, 2012)

Beban Tetap ($\beta = 3,7$)	ϕ	γ_D	γ_L	SF
SNI	0,41	1,2	1,6	3,2
Usulan	0,34	1,05	1,18	3,3

5.3.3.1 Formula Mayerhof dan Bazara

Contoh perhitungan daya dukung tiang pancang dengan formula Mayerhof dan Bazara adalah sebagai berikut:

Misal perhitungan tiang pancang pada BH-1 dengan kedalaman 30 m.

- Digunakan tiang pancang dengan diameter = 60 cm
- Nilai N-SPT = 15 (tanah lempung)
- $N_1 = N = 15$ (karena tanah lempung maka tidak ada koreksi terhadap muka air tanah)
- $\gamma_{\text{sat}} = 1.838 \text{ t/m}^3$ (korelasi)
- $\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 1,838 - 1 = 0,838 \text{ t/m}^3$
- $P_o = \Sigma P_o \text{ (di atasnya)} + (\gamma' \cdot h) = 16,873 + (0,838 \cdot 0,5)$
 $= 17,292 \text{ t/m}^2 (>7,5 \text{ t/m}^2)$
- $$N_2 = \frac{4 N_1}{3,25 + 0,1 P_o} = \frac{4 \times 15}{3,25 + (0,1 \times 17,292)}$$

 $= 12,05$
- $2N_1 = 2 \times 15 = 30$
- $N_{\text{corr}} = 12,05$ (dipakai N_2 , karena $N_2 < 2N_1$)
- $N = \text{rata-rata nilai } N \text{ 4D dibawah sampai 8D di atas tiang}$
 $= 10,91$
- $4D = 4 \times 0,6 = 2,4 \text{ m } (30+2,4=32,4 \text{ m})$
- $8D = 8 \times 0,6 = 4,8 \text{ m } (30-4,8=25,2 \text{ m})$
- $A_p = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 0,6^2$
 $= 0,283 \text{ m}^2$

- $f_{si} = N/2$ (tanah lempung) = $12,05/2 = 6,025 \text{ t/m}^2$
- $A_s = \pi \cdot d \cdot h = \pi \cdot 0,6 \cdot 0,5 = 0,94 \text{ m}$
- $R_{si} = f_{si} \times A_s = 6,025 \cdot 0,94 = 5,68 \text{ t}$
- $\Sigma R_{si} = \Sigma R_{si} \text{ (diatasnya)} + R_{si} = 140,76 + 5,68$
 $= 146,44 \text{ t}$

$$Q_{ult} = 40 N \cdot A_p + \Sigma f_{si} \cdot A_s = Q_{ujung} + \Sigma R_{si}$$

$$= 123,39 + 146,44 = 269,83 \text{ ton}$$

$$Q_{ijin} = Q_{ult} \times \phi$$

$$= 269,83 \times 0,41 \text{ (probabilistik)}$$

$$= 110,63 \text{ ton}$$

Hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Gambar 5.7.

Tabel 5.12 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
1	5.00	89.66	133.97	173.57
1.5	10.00	88.95	126.62	167.50
2.0	20.00	81.56	119.23	160.20
2.5	15.50	75.96	113.14	153.37
3.0	11.00	74.67	112.15	152.17
3.5	6.50	72.67	109.60	148.83
4.0	2.00	69.70	105.32	143.21
4.5	2.00	67.11	101.48	138.37
5.0	2.00	64.84	98.01	134.16
5.5	2.00	62.80	95.03	130.47
6.0	2.00	60.63	92.45	127.23
6.5	1.75	55.04	90.11	124.22
7.0	1.50	48.00	87.94	121.41

Tabel 5.12 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
7.5	1.25	42.66	84.64	118.76
8.0	1.00	36.09	76.89	116.23
8.5	1.00	32.48	67.36	113.93
9.0	1.00	31.84	60.16	111.82
9.5	1.00	31.24	51.46	107.66
10.0	1.00	30.68	46.65	98.33
10.5	1.00	30.14	45.73	87.18
11.0	1.00	29.63	44.86	79.05
11.5	1.00	29.28	44.26	69.39
12.0	1.00	29.08	43.93	64.61
12.5	1.00	29.19	43.84	64.45
13.0	1.00	29.59	44.18	64.36
13.5	1.00	30.16	44.72	64.33
14.0	1.00	30.89	45.44	64.36
14.5	1.50	31.73	46.47	64.72
15.0	2.00	32.66	47.63	65.63
15.5	2.50	33.68	49.02	67.04
16.0	3.00	34.81	50.65	68.94
16.5	3.00	36.01	52.37	70.93
17.0	3.00	37.29	54.21	72.81
17.5	3.00	38.64	55.93	74.57
18.0	3.00	40.07	57.56	76.22
18.5	3.25	41.47	59.15	78.18
19.0	3.50	42.83	60.69	80.45
19.5	3.75	43.98	62.50	83.03

Tabel 5.12 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara (Lanjutan)

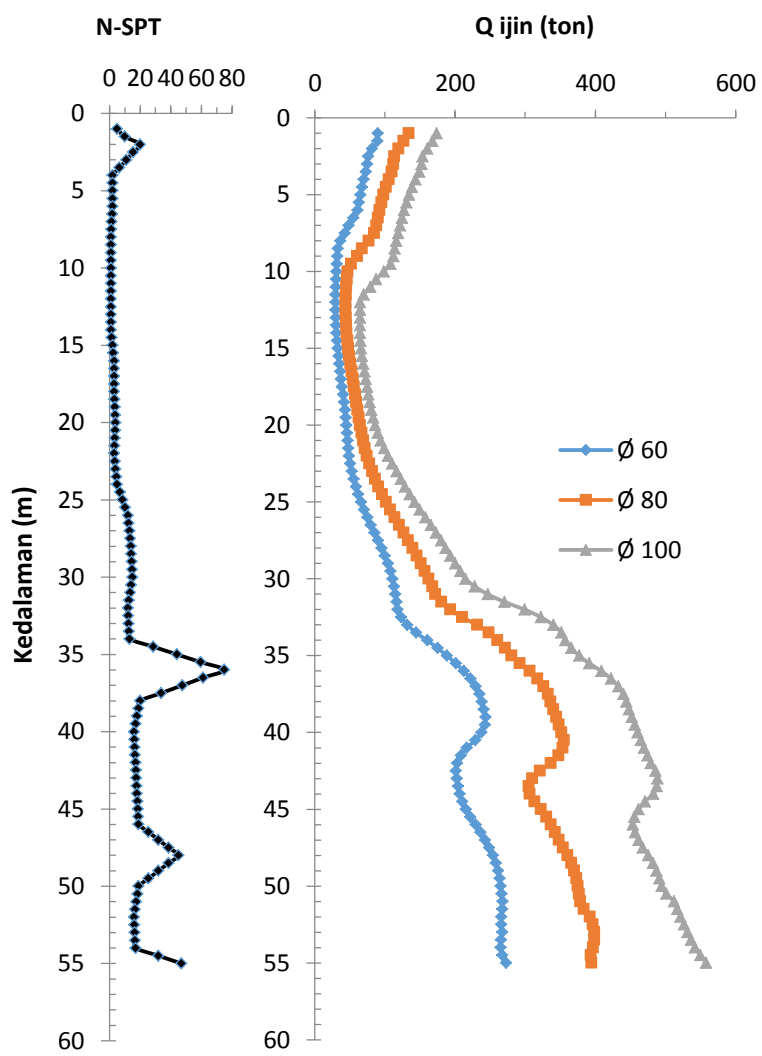
Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
20.0	4.00	44.94	64.55	85.91
20.5	3.75	45.84	66.73	89.49
21.0	3.50	46.67	68.82	93.77
21.5	3.25	47.60	71.28	98.74
22.0	3.00	48.63	74.13	104.37
22.5	3.50	50.25	77.51	110.33
23.0	4.00	52.45	81.63	116.35
23.5	4.50	55.14	86.02	122.42
24.0	5.00	58.32	90.67	128.56
24.5	6.75	61.82	95.86	134.99
25.0	8.50	65.66	101.47	141.97
25.5	10.25	69.97	107.41	149.47
26.0	12.00	74.74	113.67	157.50
26.5	12.50	79.70	119.98	165.29
27.0	13.00	84.84	126.52	172.73
27.5	13.50	89.93	132.96	179.81
28.0	14.00	94.98	139.29	186.54
28.5	14.25	99.67	145.46	193.26
29.0	14.50	104.02	151.19	200.21
29.5	14.75	107.67	156.81	207.39
30.0	15.00	110.63	162.32	214.79
30.5	14.25	113.01	167.52	228.00
31.0	13.50	114.83	171.95	246.57
31.5	12.75	116.44	180.54	270.36
32.0	12.00	117.86	193.20	299.25

Tabel 5.12 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
32.5	12.25	122.99	210.05	322.59
33.0	12.50	131.77	231.44	339.95
33.5	12.75	144.17	248.19	351.48
34.0	13.00	160.11	260.41	357.25
34.5	28.50	174.79	271.15	365.57
35.0	44.00	188.24	280.50	376.93
35.5	59.50	200.75	292.28	391.26
36.0	75.00	212.32	306.44	408.48
36.5	61.25	221.84	317.53	422.23
37.0	47.50	229.35	325.98	432.70
37.5	33.75	234.64	332.21	439.95
38.0	20.00	237.75	336.24	444.05
38.5	19.00	240.70	340.39	447.88
39.0	18.00	243.48	344.32	451.86
39.5	17.00	242.34	348.04	455.98
40.0	16.00	237.36	351.54	460.24
40.5	16.25	228.78	355.05	464.91
41.0	16.50	216.70	353.64	469.59
41.5	16.75	208.10	347.40	474.27
42.0	17.00	202.92	336.45	478.95
42.5	17.25	201.07	320.90	485.61
43.0	17.50	202.50	309.92	488.45
43.5	17.75	204.23	305.07	487.48
44.0	18.00	206.27	306.28	482.80
44.5	18.25	209.87	313.42	470.51

Tabel 5.12 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
45.0	18.50	215.06	322.54	461.59
45.5	18.75	221.50	330.25	455.85
46.0	19.00	229.16	336.60	453.22
46.5	25.50	236.19	342.55	456.62
47.0	32.00	242.67	347.77	461.46
47.5	38.50	248.52	353.72	467.68
48.0	45.00	253.76	360.37	475.25
48.5	38.50	258.01	365.71	481.93
49.0	32.00	261.31	369.79	487.35
49.5	25.50	263.64	372.83	491.47
50.0	19.00	265.01	374.86	494.31
50.5	18.25	266.29	376.75	501.24
51.0	17.50	267.48	378.52	512.16
51.5	16.75	267.30	383.74	516.89
52.0	16.00	265.73	392.35	521.56
52.5	16.25	265.67	396.30	526.36
53.0	16.50	267.10	398.57	531.31
53.5	16.75	265.53	398.77	536.43
54.0	17.00	264.92	396.60	541.74
54.5	32.00	267.17	393.71	549.93
55.0	47.00	272.60	394.38	558.08



Gambar 5.7 Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Mayeerhof dan Bazara

5.3.3.2 Formula Luciano Decourt

$$Q_{ult} = [\alpha \times (\check{N}_p \times K) \times A_p] + \left[\beta \times \left(\frac{\check{N}_s}{3} + 1 \right) \times A_s \right]$$

Contoh perhitungan daya dukung tiang pancang dengan menggunakan formula Luciano Decourt adalah sebagai berikut:

Misal perhitungan tiang pancang pada BH-1 dengan kedalaman 30 m.

- Digunakan tiang pancang dengan diameter = 60 cm
- Nilai N-SPT = 15 (tanah lempung)
- $N_1 = N = 15$ (Karena tanah lempung maka tidak ada koreksi terhadap muka air tanah)
- Dipakai $N_{corr} = 15$
- $N_p = (14 + 14,25 + 14,5 + 14,75 + 15 + 14,25 + 13,5 + 12,75 + 12) / 9$
 $= 13,89$
- $K = 16 \text{ t/m}^2$ (lempung berlanau)
- $A_p = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 0,6^2$
 $= 0,283 \text{ m}^2$
- $N_s = \text{Nilai } N_{corr} \text{ rata-rata tiang yang tertanam}$
 $= 5,02$
- $A_s = (\pi \cdot d) \cdot \text{panjang tiang}$
 $= (\pi \cdot 0,6) \cdot 30 = 56,55 \text{ m}^2$

$$Q_{ult} = [\alpha \times (\check{N}_p \cdot K) \times A_p] + \left[\beta \times \left(\frac{\check{N}_s}{3} + 1 \right) \times A_s \right]$$

$$Q_{ult} = [1 \times (13,89 \cdot 16) \times 0,28] + \left[1 \times \left(\frac{5,02}{3} + 1 \right) \times 56,55 \right]$$

$$= 214,04 \text{ t}$$

$$Q_{ijin} = Q_{ult} \times \phi$$

$$= 214,04 \times 0,41$$

$$= 87,76 \text{ t}$$

Hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.8.

Tabel 5.13 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Luciano Decourt

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
1	5.00	15.22	22.46	29.11
1.5	10.00	16.53	26.54	34.76
2.0	20.00	43.15	66.33	89.20
2.5	15.50	41.28	65.35	88.46
3.0	11.00	18.87	31.60	41.63
3.5	6.50	19.57	33.57	44.12
4.0	2.00	18.85	35.54	46.64
4.5	2.00	17.81	37.53	49.26
5.0	2.00	17.18	38.48	51.97
5.5	2.00	16.25	39.02	54.51
6.0	2.00	16.00	40.05	55.90
6.5	1.75	16.41	40.71	56.81
7.0	1.50	16.80	42.21	58.31
7.5	1.25	17.15	44.52	59.40
8.0	1.00	17.48	46.80	61.49
8.5	1.00	17.81	49.05	64.58
9.0	1.00	18.19	51.27	67.65
9.5	1.00	18.60	53.47	70.70
10.0	1.00	19.06	55.68	73.72
10.5	1.00	19.55	57.92	76.85
11.0	1.00	20.05	60.18	80.12
11.5	1.00	20.55	62.56	83.54
12.0	1.00	21.05	65.01	87.11

Tabel 5.13 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Luciano Decourt (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
12.5	1.00	21.63	67.53	90.72
13.0	1.00	22.29	70.12	94.32
13.5	1.00	23.03	72.69	97.89
14.0	1.00	23.84	75.24	101.45
14.5	1.50	24.73	77.79	105.05
15.0	2.00	25.67	80.33	108.71
15.5	2.50	26.69	82.92	112.42
16.0	3.00	27.77	85.56	116.19
16.5	3.00	28.89	88.23	119.89
17.0	3.00	29.98	90.94	123.52
17.5	3.00	31.02	93.58	127.07
18.0	3.00	32.02	96.06	130.56
18.5	3.25	32.95	98.40	134.15
19.0	3.50	33.86	100.59	137.73
19.5	3.75	34.77	102.78	141.32
20.0	4.00	35.68	105.06	144.90
20.5	3.75	36.63	107.42	148.74
21.0	3.50	37.58	109.84	152.96
21.5	3.25	38.54	112.58	157.56
22.0	3.00	39.51	115.57	162.53
22.5	3.50	40.77	118.86	167.62
23.0	4.00	42.41	122.46	172.78
23.5	4.50	44.42	126.11	178.00
24.0	5.00	46.81	129.93	183.29
24.5	6.75	49.55	133.97	188.63

Tabel 5.13 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Luciano Decourt (Lanjutan)

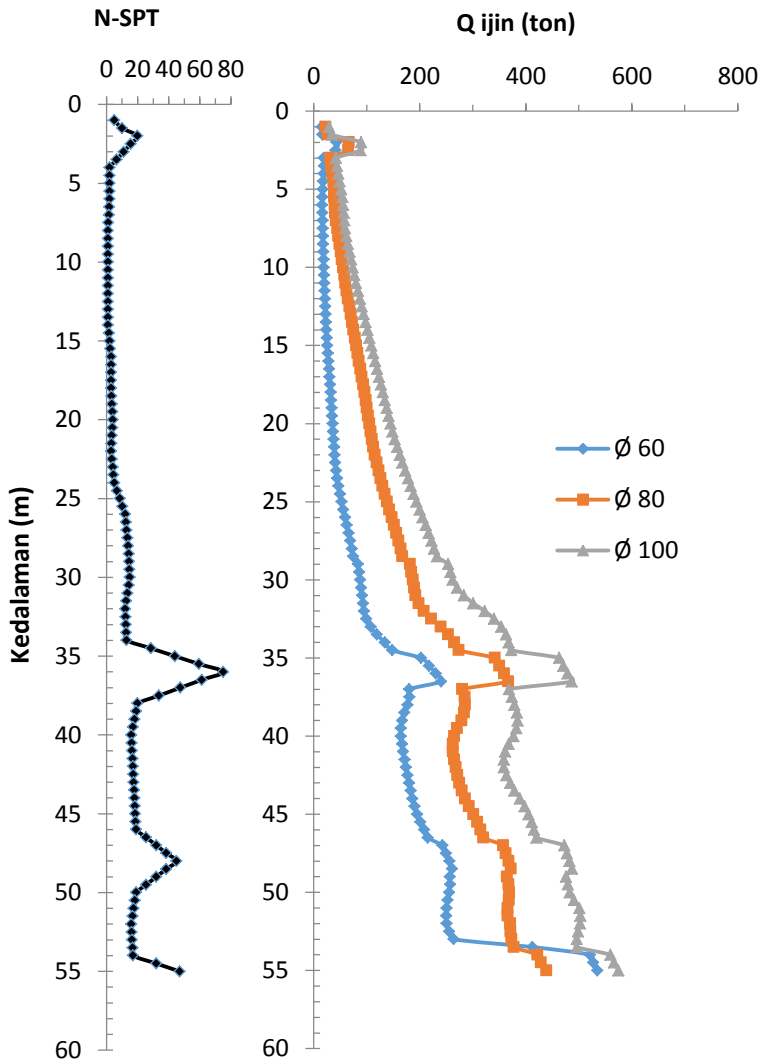
Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
25.0	8.50	52.51	138.24	194.16
25.5	10.25	55.70	142.70	199.86
26.0	12.00	59.12	147.22	205.75
26.5	12.50	62.57	151.71	211.55
27.0	13.00	65.85	156.19	217.08
27.5	13.50	68.97	160.46	222.36
28.0	14.00	71.92	164.29	227.37
28.5	14.25	74.51	167.67	232.34
29.0	14.50	83.47	181.75	253.62
29.5	14.75	85.73	184.42	258.25
30.0	15.00	87.76	187.04	262.45
30.5	14.25	89.64	189.56	270.79
31.0	13.50	91.42	191.98	283.64
31.5	12.75	93.10	198.16	300.99
32.0	12.00	94.69	208.16	322.86
32.5	12.25	99.45	222.04	340.43
33.0	12.50	107.59	239.81	353.76
33.5	12.75	119.11	254.05	362.86
34.0	13.00	134.02	265.01	367.74
34.5	28.50	148.27	273.71	373.03
35.0	44.00	202.69	341.82	463.52
35.5	59.50	217.68	350.32	470.95
36.0	75.00	230.19	359.45	479.14
36.5	61.25	240.49	367.20	487.13
37.0	47.50	180.38	280.30	368.72

Tabel 5.13 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Luciano Decourt (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
37.5	33.75	180.99	285.05	374.25
38.0	20.00	177.24	285.95	379.04
38.5	19.00	171.01	283.89	383.78
39.0	18.00	166.81	278.86	385.00
39.5	17.00	164.65	270.86	382.70
40.0	16.00	164.51	265.46	376.89
40.5	16.25	166.58	262.75	367.62
41.0	16.50	168.87	262.71	361.55
41.5	16.75	171.38	265.37	358.69
42.0	17.00	174.12	268.28	359.03
42.5	17.25	177.09	271.46	363.99
43.0	17.50	180.08	274.90	370.67
43.5	17.75	183.11	279.79	379.08
44.0	18.00	186.18	285.89	389.21
44.5	18.25	190.24	293.21	398.11
45.0	18.50	195.30	301.74	405.50
45.5	18.75	201.36	309.01	411.38
46.0	19.00	208.41	315.02	415.74
46.5	25.50	215.27	320.27	420.30
47.0	32.00	242.63	357.91	472.74
47.5	38.50	249.63	362.78	477.64
48.0	45.00	255.92	367.91	482.65
48.5	38.50	261.12	372.26	487.25
49.0	32.00	256.94	364.92	475.78
49.5	25.50	257.49	368.04	479.63

Tabel 5.13 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Luciano Decourt (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
50.0	19.00	255.69	369.05	483.04
50.5	18.25	252.51	368.42	490.88
51.0	17.50	250.62	366.15	501.24
51.5	16.75	250.03	365.97	503.16
52.0	16.00	250.73	371.18	502.54
52.5	16.25	255.89	371.61	498.93
53.0	16.50	264.33	373.52	496.77
53.5	16.75	412.71	377.37	496.44
54.0	17.00	521.38	422.02	559.81
54.5	32.00	527.27	429.20	566.47
55.0	47.00	535.12	439.04	575.30



Gambar 5.8 Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Luciano Decourt

5.3.3.3 Formula Reese and O'Neil

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = 9c_u A_p$$

$$Q_s = \alpha \times c_u \times L_i \times p$$

Contoh perhitungan daya dukung tiang pancang dengan menggunakan formula Reese O'neil adalah sebagai berikut:

Misal perhitungan tiang pancang pada BH-1 dengan kedalaman 30 m.

- Digunakan tiang pancang dengan diameter = 60 cm
- Nilai N-SPT = 15 (tanah lempung)
- $\alpha = 0,55$ ($C_u < 21,5 \text{ t/m}^2$)
- $C_u = 0,75 \text{ kg/cm}^2 = 7,5 \text{ t/m}^2$ (korelasi dari nilai N)
- $A_p = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 0,6^2 = 0,283 \text{ m}^2$
- $p = \pi \cdot d = \pi \cdot 0,6 = 1,885 \text{ m}$
- $Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p = 9 \times 7,5 \times 0,283$
 $= 19,09 \text{ t}$
- $Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot L_i \cdot p = 0,55 \times 7,5 \times 30 \times 1,885$
 $= 233,3 \text{ t}$
- $Q_{ult} = Q_p + Q_s$
 $= 19,09 + 233,3 = 252,3 \text{ t}$
- $Q_{ijin} = Q_{ult} \times \phi$
 $= 252,3 \times 0,41$
 $= 103,5 \text{ t}$

Hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 5.14 dan Gambar 5.9.

Tabel 5.14 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Reese O'neil

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
1	5.00	3.67	6.05	9.02
1.5	10.00	8.40	13.52	19.80
2.0	20.00	18.93	29.88	43.15
2.5	15.50	16.32	25.36	36.19
3.0	11.00	12.75	19.55	27.63
3.5	6.50	8.23	12.47	17.48
4.0	2.00	2.74	4.12	5.73
4.5	2.00	2.96	4.41	6.09
5.0	2.00	3.17	4.69	6.44
5.5	2.00	3.38	4.97	6.79
6.0	2.00	3.59	5.26	7.15
6.5	1.75	3.33	4.85	6.57
7.0	1.50	3.01	4.37	5.89
7.5	1.25	2.64	3.82	5.13
8.0	1.00	2.22	3.19	4.28
8.5	1.00	2.33	3.34	4.46
9.0	1.00	2.43	3.48	4.64
9.5	1.00	2.54	3.62	4.81
10.0	1.00	2.65	3.76	4.99
10.5	1.00	2.75	3.90	5.17
11.0	1.00	2.86	4.04	5.35
11.5	1.00	2.97	4.19	5.52
12.0	1.00	3.07	4.33	5.70
12.5	1.00	3.18	4.47	5.88
13.0	1.00	3.28	4.61	6.05

Tabel 5.14 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Reese O'neil (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
13.5	1.00	3.39	4.75	6.23
14.0	1.00	3.50	4.89	6.41
14.5	1.50	5.40	7.55	9.88
15.0	2.00	7.42	10.36	13.52
15.5	2.50	9.54	13.30	17.35
16.0	3.00	11.77	16.38	21.35
16.5	3.00	12.09	16.81	21.88
17.0	3.00	12.40	17.23	22.41
17.5	3.00	12.72	17.66	22.94
18.0	3.00	13.04	18.08	23.47
18.5	3.25	14.47	20.05	26.01
19.0	3.50	15.96	22.09	28.63
19.5	3.75	17.50	24.20	31.34
20.0	4.00	19.09	26.38	34.13
20.5	3.75	18.29	25.26	32.66
21.0	3.50	17.45	24.07	31.11
21.5	3.25	16.55	22.81	29.46
22.0	3.00	15.59	21.48	27.73
22.5	3.50	18.56	25.56	32.97
23.0	4.00	21.64	29.78	38.38
23.5	4.50	24.82	34.14	43.98
24.0	5.00	28.11	38.64	49.75
24.5	6.75	38.67	53.12	68.36
25.0	8.50	49.60	68.10	87.59
25.5	10.25	60.90	83.57	107.44

Tabel 5.14 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Reese O'neil (Lanjutan)

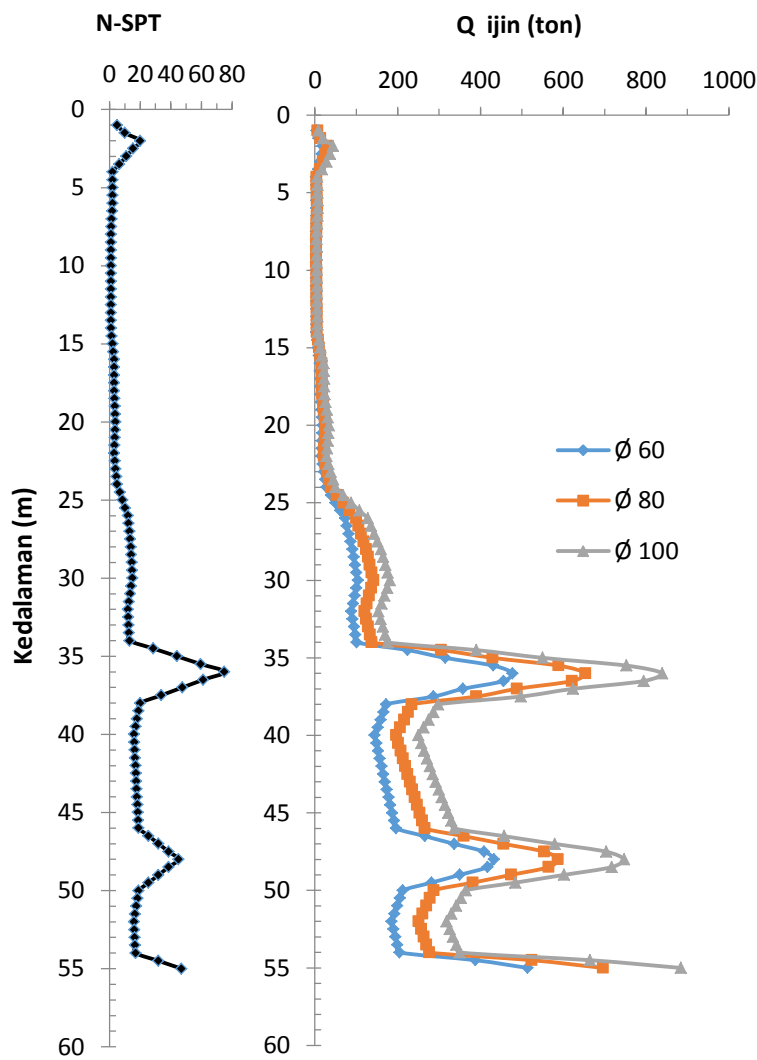
Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
26.0	12.00	72.57	99.54	127.90
26.5	12.50	76.92	105.46	135.45
27.0	13.00	81.38	111.52	143.17
27.5	13.50	85.94	117.72	151.06
28.0	14.00	90.61	124.07	159.14
28.5	14.25	93.75	128.30	164.50
29.0	14.50	96.93	132.61	169.96
29.5	14.75	100.17	136.98	175.50
30.0	15.00	103.46	141.43	181.13
30.5	14.25	99.80	136.38	174.60
31.0	13.50	95.99	131.11	167.80
31.5	12.75	92.01	125.63	160.74
32.0	12.00	87.87	119.94	153.41
32.5	12.25	91.00	124.18	158.77
33.0	12.50	94.19	128.48	164.23
33.5	12.75	97.43	132.86	169.77
34.0	13.00	100.72	137.31	175.40
34.5	28.50	223.84	305.06	389.58
35.0	44.00	314.54	429.59	549.74
35.5	59.50	430.98	588.44	752.79
36.0	75.00	477.32	653.82	839.01
36.5	61.25	455.25	621.21	794.26
37.0	47.50	357.55	487.75	623.45
37.5	33.75	286.59	389.94	497.21
38.0	20.00	171.96	233.91	298.18

Tabel 5.14 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Reese O'neil (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
38.5	19.00	165.38	224.91	286.64
39.0	18.00	158.59	215.62	274.74
39.5	17.00	151.58	206.05	262.49
40.0	16.00	144.36	196.20	249.88
40.5	16.25	148.35	201.56	256.66
41.0	16.50	152.38	207.00	263.54
41.5	16.75	156.47	212.51	270.50
42.0	17.00	160.61	218.09	277.54
42.5	17.25	164.81	223.74	284.68
43.0	17.50	169.06	229.47	291.91
43.5	17.75	173.36	235.26	299.22
44.0	18.00	177.71	241.12	306.62
44.5	18.25	182.12	247.06	314.11
45.0	18.50	186.58	253.06	321.69
45.5	18.75	191.09	259.14	329.36
46.0	19.00	195.66	265.29	337.12
46.5	25.50	265.31	359.66	456.96
47.0	32.00	336.34	455.87	579.11
47.5	38.50	408.75	553.92	703.56
48.0	45.00	432.46	587.04	746.85
48.5	38.50	416.93	564.83	717.20
49.0	32.00	349.94	474.00	601.78
49.5	25.50	281.57	381.33	484.06
50.0	19.00	211.81	286.82	364.04
50.5	18.25	205.39	278.09	352.90

Tabel 5.14 Daya Dukung Ijin BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Reese O'neil (Lanjutan)

Kedalaman (m)	N-SPT	BH-1		
		Ø 60	Ø 80	Ø 100
51.0	17.50	198.81	269.14	341.50
51.5	16.75	192.07	259.98	329.83
52.0	16.00	185.17	250.60	317.89
52.5	16.25	189.79	256.82	325.74
53.0	16.50	194.46	263.11	333.67
53.5	16.75	199.19	269.47	341.69
54.0	17.00	203.97	275.90	349.80
54.5	32.00	387.34	523.88	664.12
55.0	47.00	513.97	696.19	883.86



Gambar 5.9 Daya Dukung Ijin vs Kedalaman BH-1 Metode Probabilistik dengan formula Reese O'neil

5.4 Perbandingan Daya Dukung Ijin

Perbandingan daya dukung ijin dengan menggunakan berbagai metode, yaitu konvensional, statistik, dan probabilistik dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Perbandingan Q ijin Ø 80 cm BH-1

Depth (m)	N-SPT	Q ijin (BH-1) (ton)								
		Diameter (Ø) 80 cm								
		Mayerhof Bazaara			Luciano Decourt			Reese O'neil		
		Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.
1.0	5.00	108.92	108.94	133.97	18.26	8.91	22.46	4.92	2.77	6.05
1.5	10.00	102.94	103.13	126.62	21.58	13.78	26.54	11.00	3.09	13.52
2.0	20.00	96.93	97.36	119.23	53.92	32.49	66.33	24.29	3.41	29.88
2.5	15.50	91.98	92.56	113.14	53.13	34.65	65.35	20.61	3.74	25.36
3.0	11.00	91.18	91.85	112.15	25.69	20.26	31.60	15.90	4.06	19.55
3.5	6.50	89.11	89.81	109.60	27.29	22.37	33.57	10.14	4.38	12.47
4.0	2.00	85.62	86.33	105.32	28.90	24.47	35.54	3.35	4.71	4.12
4.5	2.00	82.50	83.23	101.48	30.51	26.54	37.53	3.58	5.03	4.41
5.0	2.00	79.68	80.45	98.01	31.28	28.60	38.48	3.81	5.36	4.69
5.5	2.00	77.26	78.06	95.03	31.72	30.64	39.02	4.04	5.68	4.97
6.0	2.00	75.16	75.98	92.45	32.56	32.65	40.05	4.27	6.00	5.26
6.5	1.75	73.26	74.07	90.11	33.10	34.65	40.71	3.94	6.33	4.85
7.0	1.50	71.50	72.29	87.94	34.31	36.64	42.21	3.55	6.65	4.37
7.5	1.25	68.82	69.62	84.64	36.19	38.60	44.52	3.10	6.97	3.82
8.0	1.00	62.51	63.30	76.89	38.05	40.55	46.80	2.60	7.30	3.19
8.5	1.00	54.77	55.55	67.36	39.88	42.48	49.05	2.71	7.62	3.34
9.0	1.00	48.91	49.68	60.16	41.68	44.39	51.27	2.83	7.94	3.48
9.5	1.00	41.84	42.59	51.46	43.47	46.29	53.47	2.94	8.27	3.62
10.0	1.00	37.92	38.65	46.65	45.27	48.17	55.68	3.06	8.59	3.76
10.5	1.00	37.18	37.87	45.73	47.09	50.04	57.92	3.17	8.92	3.90
11.0	1.00	36.47	37.06	44.86	48.93	51.90	60.18	3.29	9.24	4.04
11.5	1.00	35.99	36.42	44.26	50.86	53.74	62.56	3.40	9.56	4.19
12.0	1.00	35.72	36.02	43.93	52.85	55.56	65.01	3.52	9.89	4.33
12.5	1.00	35.64	35.83	43.84	54.90	57.37	67.53	3.63	10.21	4.47
13.0	1.00	35.92	36.03	44.18	57.01	59.17	70.12	3.75	10.53	4.61
13.5	1.00	36.36	36.40	44.72	59.10	60.95	72.69	3.86	10.86	4.75
14.0	1.00	36.95	36.93	45.44	61.17	62.73	75.24	3.98	11.18	4.89
14.5	1.50	37.78	37.72	46.47	63.24	64.49	77.79	6.14	11.50	7.55
15.0	2.00	38.72	38.63	47.63	65.31	66.23	80.33	8.42	11.83	10.36
15.5	2.50	39.85	39.74	49.02	67.41	67.97	82.92	10.81	12.15	13.30
16.0	3.00	41.18	41.03	50.65	69.56	69.69	85.56	13.32	12.48	16.38
16.5	3.00	42.58	42.42	52.37	71.73	71.40	88.23	13.67	12.80	16.81
17.0	3.00	44.07	43.88	54.21	73.93	73.10	90.94	14.01	13.12	17.23
17.5	3.00	45.47	45.27	55.93	76.08	74.79	93.58	14.36	13.45	17.66
18.0	3.00	46.80	46.59	57.56	78.10	76.47	96.06	14.70	13.77	18.08
18.5	3.25	48.09	47.87	59.15	80.00	78.14	98.40	16.30	14.09	20.05
19.0	3.50	49.34	49.12	60.69	81.78	79.80	100.59	17.96	14.42	22.09
19.5	3.75	50.81	50.59	62.50	83.56	81.44	102.78	19.67	14.74	24.20
20.0	4.00	52.48	52.25	64.55	85.42	83.08	105.06	21.45	15.07	26.38
20.5	3.75	54.26	54.03	66.73	87.33	84.71	107.42	20.54	15.39	25.26
21.0	3.50	55.95	55.72	68.82	89.30	86.33	109.84	19.57	15.71	24.07
21.5	3.25	57.95	57.72	71.28	91.53	87.94	112.58	18.55	16.04	22.81
22.0	3.00	60.27	60.03	74.13	93.96	89.54	115.57	17.47	16.36	21.48
22.5	3.50	63.02	62.78	77.51	96.64	91.13	118.86	20.78	16.68	25.56
23.0	4.00	66.37	66.14	81.63	99.56	92.71	122.46	24.21	17.01	29.78
23.5	4.50	69.94	69.73	86.02	102.53	94.28	126.11	27.76	17.33	34.14
24.0	5.00	73.72	73.53	90.67	105.63	95.85	129.93	31.42	17.65	38.64

Tabel 5.15 Perbandingan Q ijin Ø 80 cm BH-1 (Lanjutan)

Depth (m)	N-SPT	Q ijin (BH-1) (ton)								
		Diameter (Ø) 80 cm								
		Mayerhof Bazaara			Luciano Decourt			Reese O'neil		
		Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.
24.5	6.75	77.94	77.77	95.86	108.92	99.26	133.97	43.19	17.98	53.12
25.0	8.50	82.50	82.36	101.47	112.39	102.67	138.24	55.37	18.30	68.10
25.5	10.25	87.33	87.21	107.41	116.02	106.07	142.70	67.94	18.63	83.57
26.0	12.00	92.42	92.33	113.67	119.69	109.47	147.22	80.93	18.95	99.54
26.5	12.50	97.54	97.49	119.98	123.34	112.85	151.71	85.74	19.27	105.46
27.0	13.00	102.86	102.84	126.52	126.98	116.23	156.19	90.67	19.60	111.52
27.5	13.50	108.09	108.11	132.96	130.46	120.16	160.46	95.71	110.27	117.72
28.0	14.00	113.24	113.28	139.29	133.57	124.11	164.29	100.87	112.06	124.07
28.5	14.25	118.26	118.32	145.46	136.31	128.06	167.67	104.31	113.85	128.30
29.0	14.50	122.92	123.00	151.19	147.76	140.58	181.75	107.81	115.64	132.61
29.5	14.75	127.48	127.59	156.81	149.93	145.16	184.42	111.37	117.44	136.98
30.0	15.00	131.97	132.09	162.32	152.07	149.74	187.04	114.98	119.23	141.43
30.5	14.25	136.20	136.33	167.52	154.12	154.34	189.56	110.87	121.02	136.38
31.0	13.50	139.79	139.94	171.95	156.08	156.46	191.98	106.59	122.81	131.11
31.5	12.75	146.78	146.94	180.54	161.10	158.58	198.16	102.14	124.60	125.63
32.0	12.00	157.08	157.28	193.20	169.23	160.71	208.16	97.52	126.39	119.94
32.5	12.25	170.78	171.01	210.05	180.52	171.75	222.04	100.96	128.19	124.18
33.0	12.50	188.16	188.44	231.44	194.97	182.80	239.81	104.46	129.98	128.48
33.5	12.75	201.78	202.07	248.19	206.54	193.86	254.05	108.02	131.77	132.86
34.0	13.00	211.72	212.02	260.41	215.45	204.92	265.01	111.63	133.56	137.31
34.5	28.50	220.45	220.74	271.15	222.53	208.04	273.71	248.01	135.35	305.06
35.0	44.00	228.05	228.35	280.50	277.90	255.76	341.82	349.26	137.14	429.59
35.5	59.50	237.63	237.94	292.28	284.82	261.83	350.32	478.40	472.50	588.44
36.0	75.00	249.14	249.47	306.44	292.24	267.94	359.45	531.56	478.54	653.82
36.5	61.25	258.16	258.51	317.53	298.54	274.10	367.20	505.05	484.57	621.21
37.0	47.50	265.02	265.38	325.98	227.89	212.75	280.30	396.54	490.60	487.75
37.5	33.75	270.09	270.45	332.21	231.75	216.00	285.05	317.03	190.14	389.94
38.0	20.00	273.36	273.72	336.24	232.48	219.27	285.95	190.17	192.47	233.91
38.5	19.00	276.74	277.10	340.39	230.81	222.53	283.89	182.85	194.80	224.91
39.0	18.00	279.94	280.29	344.32	226.72	219.13	278.86	175.30	197.14	215.62
39.5	17.00	282.96	283.31	348.04	220.21	215.73	270.86	167.52	199.47	206.05
40.0	16.00	285.81	286.16	351.54	215.82	212.34	265.46	159.51	201.80	196.20
40.5	16.25	288.66	289.02	355.05	213.61	208.96	262.75	163.87	204.13	201.56
41.0	16.50	287.51	287.86	353.64	213.59	211.54	262.71	168.30	206.46	207.00
41.5	16.75	282.44	282.75	347.40	215.75	214.12	265.37	172.77	208.80	212.51
42.0	17.00	273.54	273.80	336.45	218.12	216.72	268.28	177.31	211.13	218.09
42.5	17.25	260.90	261.10	320.90	220.70	219.32	271.46	181.91	213.46	223.74
43.0	17.50	251.97	252.12	309.92	223.50	221.93	274.90	186.56	215.79	229.47
43.5	17.75	248.03	248.14	305.07	227.47	224.55	279.79	191.27	218.12	235.26
44.0	18.00	249.01	249.06	306.28	232.43	227.17	285.89	196.04	220.45	241.12
44.5	18.25	254.81	254.78	313.42	238.38	229.79	293.21	200.86	222.79	247.06
45.0	18.50	262.23	262.14	322.54	245.31	232.43	301.74	205.74	225.12	253.06
45.5	18.75	268.49	268.35	330.25	251.22	235.07	309.01	210.68	227.45	259.14
46.0	19.00	273.66	273.43	336.60	256.11	237.71	315.02	215.68	229.78	265.29
46.5	25.50	278.50	278.20	342.55	260.38	240.37	320.27	292.40	232.11	359.66
47.0	32.00	282.74	282.38	347.77	290.98	263.37	357.91	370.62	234.44	455.87
47.5	38.50	287.58	287.14	353.72	294.94	266.04	362.78	450.34	236.78	553.92
48.0	45.00	292.98	292.48	360.37	299.12	268.71	367.91	477.27	239.11	587.04
48.5	38.50	297.32	296.76	365.71	302.65	271.38	372.26	459.21	241.44	564.83
49.0	32.00	300.64	300.00	369.79	296.68	267.28	364.92	385.37	243.77	474.00
49.5	25.50	303.11	302.41	372.83	299.22	269.97	368.04	310.03	246.10	381.33
50.0	19.00	304.76	304.00	374.86	300.04	272.66	369.05	233.19	248.43	286.82
50.5	18.25	306.30	305.49	376.75	299.53	275.35	368.42	226.09	250.77	278.09
51.0	17.50	307.74	306.87	378.52	297.68	278.06	366.15	218.81	253.10	269.14
51.5	16.75	311.98	311.03	383.74	297.53	284.16	365.97	211.36	255.43	259.98

Tabel 5.15 Perbandingan Q_{ijin} Ø 80 cm BH-1 (Lanjutan)

Depth (m)	N-SPT	Q_{ijin} (BH-1) (ton)								
		Diameter (Ø) 80 cm								
		Mayerhof Bazaara			Luciano Decourt			Reese O'neil		
		Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.
52.0	16.00	318.98	317.91	392.35	301.77	290.26	371.18	203.74	257.76	250.60
52.5	16.25	322.20	321.07	396.30	302.12	293.54	371.61	208.80	260.09	256.82
53.0	16.50	324.04	322.84	398.57	303.68	296.93	373.52	213.91	262.42	263.11
53.5	16.75	324.21	322.99	398.77	306.81	300.46	377.37	219.08	264.76	269.47
54.0	17.00	322.44	321.21	396.60	343.10	340.21	422.02	224.31	267.09	275.90
54.5	32.00	320.09	318.82	393.71	348.95	346.01	429.20	425.92	488.31	523.88
55.0	47.00	320.63	319.29	394.38	356.94	352.38	439.04	566.01	492.54	696.19

Hasil perbandingan daya dukung Q_{ijin} untuk BH-2 sampai BH-5 dapat dilihat pada Lampiran.

5.5 Penentuan Kedalaman Tiang Pancang

$Q_{allowable}$ bahan tiang pancang diameter 80 cm kelas B diketahui 388.61 ton, dan nilai $1/2 Q_{allowable}$ bahan adalah 194.305 ton, kemudian dicari daya dukung tiang Q_{ijin} dengan nilai setengah $Q_{allowable}$ tersebut. Kedalaman pondasi yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

1. Metode Konvensional

- Mayerhof dan Bazaara
 $Q_{ijin} = 195,72$ ton (kedalaman 36 m – BH 3)
- Luciano Decourt
 $Q_{ijin} = 198,53$ ton (kedalaman 34,5 m – BH 4)
- Reese O'neil
 $Q_{ijin} = 202,33$ ton (kedalaman 34,5 m – BH 5)

2. Metode Statistik

- Mayerhof dan Bazaara
 $Q_{ijin} = 195,93$ ton (kedalaman 34,5 m – BH 3)
- Luciano Decourt
 $Q_{ijin} = 281,45$ ton (kedalaman 35 m – BH 4)
- Reese O'neil
 $Q_{ijin} = 472,50$ ton (kedalaman 35,5 m – BH 5)

3. Metode Probabilistik

- Mayerhof dan Bazaara

- $Q_{ijin} = 201,18 \text{ ton}$ (kedalaman 32 m – BH 3)
- Luciano Decourt
- $Q_{ijin} = 210,95 \text{ ton}$ (kedalaman 30 m – BH 4)
- Reese O'neil
- $Q_{ijin} = 248,86 \text{ ton}$ (kedalaman 34,5 m – BH 5)

Berdasarkan ketiga formula, Mayerhof dan Bazara menghasilkan daya dukung ijin yang lebih konsisten. Maka untuk perhitungan selanjutnya akan didasarkan pada formula Mayerhof dan Bazara.

5.6 Perhitungan Jumlah Tiang

Rekapitulasi hasil perhitungan jumlah tiang total dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Jumlah Tiang

Metode	Q ijin (ton)	Jumlah Tiang	Kedalaman (m)
Konvensional	195.72	1077	36
Statistik	195.93	1076	34.5
Probabilistik	201.18	1047	32

Berdasarkan Tabel 5.16 di atas dapat disimpulkan bahwa metode Probabilistik menghasilkan jumlah tiang paling sedikit dan kedalaman paling pendek, maka dalam perhitungan selanjutnya akan dipakai dari hasil metode probabilistik.

Di bawah ini adalah contoh perhitungan jumlah tiang pancang pada joint 282 dengan memakai daya dukung ijin formula Mayerhof dan Bazara. Gaya reaksi perletakan yang terdapat pada joint 282 akibat kombinasi pembebanan 1D + 1L bernilai sebagai berikut :

$$F_z = 675289.534 \text{ kg} = 675,29 \text{ t}$$

$$M_x = 23692.808 \text{ kgm} = 23,69 \text{ tm}$$

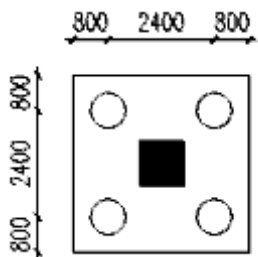
$$M_y = 1748.632 \text{ kgm} = 1,75 \text{ tm}$$

$$n = \frac{F_z}{Q_{ijin}}$$

$$n = \frac{675.29}{201.18} = 3.36 \approx 4 \text{ buah}$$

5.7 Konfigurasi Pondasi

Direncanakan jarak antar tiang (s) = 3D dan jarak tiang terluar ke tepi pilecap = D. Konfigurasi tiang pancang untuk n = 4 dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.4 Konfigurasi Tiang Pancang

Berdasarkan perhitungan kebutuhan pondasi tiap joint yang direncanakan, maka didapatkan beberapa jenis pilecap. Tipe pilecap yang ada berdasarkan kebutuhan jumlah tiang pancang yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 5.17. Gambar tipe pilecap dan juga konfigurasi pondasi untuk seluruh bangunan dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 5.17 Konfigurasi Pondasi Tiang

Type	Diameter (cm)	Jumlah	n tiang	S
PC1	800	2	1	3d
PC2	800	2	2	3d
PC3	800	1	3	3d
PC4	800	3	4	3d
PC5	800	9	5	3d
PC6	800	8	6	3d
PC7	800	4	7	3d
PC8	800	7	8	3d
PC9	800	3	9	3d
PC10	800	1	10	3d

Tabel 5.17 Konfigurasi Pondasi Tiang (Lanjutan)

Type	Diameter (cm)	Jumlah	n tiang	S
PC11	800	1	11	3d
PC12A	800	1	12	3d
PC12B	800	1	12	3d
PC13	800	1	13	3d
PC20	800	1	20	3d
PC21	800	3	21	3d
PC25	800	1	25	3d
PC28	800	1	28	3d
PC34	800	1	34	3d
PC36	800	1	36	3d
PC58	800	1	58	3d
PC63	800	1	63	3d
PC115	800	1	115	3d
PC143	800	1	143	3d
PC179	800	1	179	3d

5.7.1 Efisiensi Tiang Pancang Grup

Efisiensi tiang pancang dalam grup didapatkan berdasarkan rumus *Converse-Labarre* dari persamaan dibawah ini:

$$\eta = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1)n + (n-1)m}{90.m.n} \right) \right\}$$

$$\eta = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{0.8}{2.4} \right) \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90.2.2} \right) \right\}$$

$$\eta = 0.795$$

5.7.2 Daya Dukung Ijin Tiang Group :

Daya dukung tiang group dihitung dengan mengalikan daya dukung satu tiang dengan efisiensi dan jumlah tiang.

$$Q_g = \eta \times n \times Q_{ijin \text{ 1 tiang}}$$

$$Q_g = 0.795 \times 4 \times 184.085 = 585,51 \text{ ton}$$

5.7.3 Hitung Pmax dan Pmin satu tiang

Setelah mengetahui gaya-gaya reaksi diperletakan, selanjutnya harus dicari Pmax dan Pmin yang bekerja pada satu tiang. Pmax dan Pmin dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 - P_{max} &= \frac{\Sigma Fz}{n} + \frac{My.X_{max}}{\Sigma Xi^2} + \frac{Mx.Y_{max}}{\Sigma Yi^2} \\
 - P_{max} &= \frac{675,29}{4} + \frac{1,75 \times 1.2}{(4 \times 1.2^2)} + \frac{23.69 \times 1.2}{(4 \times 1.2^2)} \\
 - P_{max} &= 174.123 \text{ t} \\
 - P_{min} &= \frac{\Sigma Fz}{n} - \frac{My.X_{max}}{\Sigma Xi^2} - \frac{Mx.Y_{max}}{\Sigma Yi^2} \\
 - P_{min} &= \frac{675,29}{4} - \frac{1,75 \times 1.2}{(4 \times 1.2^2)} - \frac{23.69 \times 1.2}{(4 \times 1.2^2)} \\
 - P_{min} &= 163.522 \text{ t}
 \end{aligned}$$

5.7.4 Kontrol Material

- Pmax yang terjadi < $Q_{allowable}$ tiang
 $174,123 < 388,61$

$$SF = \frac{Q_{allowable}}{P_{max}} = \frac{388,61}{174,123} = 2,23 > 2 \dots \text{OK}$$

- Mmax satu tiang yang terjadi < *Momen crack*
 $23,69 \text{ tm} / 4 < 55 \text{ tm}$
 $5,92 \text{ tm} < 55 \text{ tm}$

$$SF = \frac{momen \text{ crack}}{M_{max}} = \frac{55}{5,92} = 9,29 > 2 \dots \text{OK}$$

5.7.5 Tinjauan Geser Dua Arah Akibat Kolom

Dimensi poer (B × L)	= 4 x 4 m
Tebal poer (t)	= 1 m
Diameter tulangan utama	= 25 mm
Diameter sengkang	= 13 mm
Mutu beton, f'_c	= 40 Mpa

Dimensi kolom = 1000 × 1000 mm

β_c = 1

Tebal selimut beton = 75 mm

Tinggi efektif balok poer

$$\text{Arah x } (d_x) = 1000 - 75 - \frac{1}{2} \times 25 = 912.5 \text{ mm}$$

$$\text{Arah y } (d_y) = 1000 - 75 - 25 - \frac{1}{2} \times 25 = 887.5 \text{ mm}$$

Geser dua arah disekitar kolom,

$$b_o = 2 \times ((1+0.9125)+(1+0.9125)) = 7.65 \text{ m}$$

Gaya geser, V_u = 351.938 t

Nilai kuat geser dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil, dari pers berikut :

$$V_c = \frac{(1+\frac{2}{\beta_c})\sqrt{f_{r_c}}b_o d}{6} = \frac{(1+\frac{2}{1})\sqrt{40} \times 7650 \times 912.5}{6} \times 10^{-3} = 2251.62 \text{ t}$$

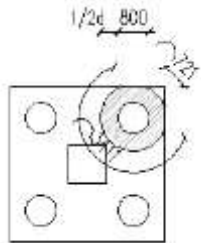
$$V_c = \frac{(2+\frac{\alpha_s \times d}{b})\sqrt{f_{r_c}} \times b \times d}{12} = \frac{(2+\frac{30 \times 912.5}{7650})\sqrt{40} \times 7650 \times 912.5}{12} \times 10^{-3} = 1311.28 \text{ t}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_{r_c}}b_o d}{3} = \frac{\sqrt{40} \times 7650 \times 912.5}{3} \times 10^{-3} = 1456.93 \text{ t}$$

Faktor reduksi kekuatan geser pilecap, $\phi = 0,75$

Maka, $\phi V_c = 0,75 \cdot 1311,28 \text{ t} = 983,46 \text{ t} \geq V_u (675,29 \text{ t}) \dots \text{OK}$

5.7.6 Tinjauan Geser Dua Arah Akibat Tiang



$$B_o = (3.411+0.721) = 4.132 \text{ m}$$

Gaya geser $V_u = 174,123 \text{ t}$

Nilai kuat geser dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil, dari pers berikut :

$$V_c = \frac{(1+\frac{2}{\beta_c})\sqrt{f_{r_c}}b_o d}{6} = \frac{(1+\frac{2}{1})\sqrt{40} \times 4132 \times 912.5}{6} \times 10^{-3} = 1216,17 \text{ t}$$

$$V_c = \frac{(2 + \frac{\alpha_s \times d}{b}) \sqrt{f_r c} \times b \times d}{12} = \frac{(2 + \frac{30 \times 912.5}{4123}) \sqrt{40} \times 4132 \times 912.5}{12} \times 10^{-3}$$

$$= 1311,28 \text{ t}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_r c} b_o d}{3} = \frac{\sqrt{40} \times 4132 \times 912.5}{3} \times 10^{-3} = 786,93 \text{ t}$$

Faktor reduksi kekuatan geser pilecap, $\phi = 0.75$

Maka, $\phi V_c = 0.75 \cdot 786,93 \text{ t} = 590,2 \text{ t} \geq V_u (174,123 \text{ t})$

5.8 Penulangan Pile Cap

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu. Berikut ini contoh perhitungan penulangan pile cap pada type PC4.

Penulangan Lentur

- Penulangan Arah X

$$P_{\max} = 174,123 \text{ t}$$

Momen – momen yang bekerja :

$$M = P \cdot x$$

$$= 2 \times 174,123 \times 0.5 = 174,123 \text{ tm} = 174122683,5 \text{ Nmm}$$

$$(d_x) = 1000 - 75 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 912.5 \text{ mm}$$

$$(d_y) = 1000 - 75 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 887.5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\min} = 0.002$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_r c} = \frac{400}{0.85 \times 40} = 11.76$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{174122683,5}{0.9 \times 4000 \times 912.5^2} = 0.058$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{11.76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.76 \times 0.058}{400}} \right)$$

$$= 0.0001453 < \rho_{\min}$$

maka dipakai $\rho = 0,002$

Tulangan lentur yang dibutuhkan :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,002 \times 4000 \times 912.5 = 7300 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 16D25 – 250 (As pakai = 7853,98 mm²)

- Penulangan Arah Y

$$P_{\max} = 174,123 \text{ t}$$

Momen – momen yang bekerja :

$$M = P \cdot x = 174,123 \text{ t} \cdot \text{m} = 174122683,5 \text{ Nmm}$$

$$(d_x) = 1000 - 75 - \frac{1}{2} 25 = 912,5 \text{ mm}$$

$$(d_y) = 1000 - 75 - 25 - \frac{1}{2} 25 = 887,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,76$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{174122683,5}{0,9 \times 4000 \times 887,5^2} = 0,061$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 0,061}{400}} \right)$$

$$= 0,0002 < \rho_{\min} (0,002)$$

maka dipakai $\rho = 0,002$

Tulangan lentur yang dibutuhkan :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,002 \times 4000 \times 887,5 = 7100 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 16D25 – 250 (As pakai = 7853,98 mm²)

5.9 Perhitungan Biaya Material

Biaya material yang dihitung dalam tugas akhir ini adalah biaya dari tiang pancang saja. Berikut ini perhitungan biaya material dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Biaya Material

Metode	Jumlah Tiang	Panjang Tiang (m)	Harga per m'	Harga per tiang	Total Harga
Konvensional	1077	36	Rp 1,000,000	Rp 36,000,000	Rp 38,772,000,000
Statistik	1076	34,5	Rp 1,000,000	Rp 34,500,000	Rp 37,122,000,000
Probabilistik	1047	32	Rp 1,000,000	Rp 32,000,000	Rp 33,504,000,000

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis data dengan mengacu pada perencanaan daya dukung tiang pancang, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Perencanaan daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan metode konvensional adalah berdasarkan angka keamanan (SF) = 3. Metode statistik digunakan hanya untuk menentukan parameter fisis tanahnya saja. Sedangkan metode probabilistik menggunakan angka pengali berupa factor reduksi yang digunakan untuk menentukan daya dukung ijin tanah.
2. Jumlah dan kedalaman pondasi tiang pancang dari hasil perhitungan menggunakan ketiga metode ditunjukkan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Rekapitulasi jumlah tiang dan kedalaman

Metode	Q ijin (ton)	Jumlah Tiang	Kedalaman (m)
Konvensional	195.72	1077	36
Statistik	195.93	1076	34.5
Probabilistik	201.18	1047	32

Berdasarkan Tabel 6.1 pada nomor 2 di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa metode probabilistik merupakan metode yang paling efisien.

3. Kebutuhan biaya material untuk masing-masing metode dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Biaya Material

Metode	Jumlah Tiang	Panjang Tiang (m)	Harga per m'	Harga per tiang	Total Harga
Konvensional	1077	36	Rp 1,000,000	Rp 36,000,000	Rp 38,772,000,000
Statistik	1076	34.5	Rp 1,000,000	Rp 34,500,000	Rp 37,122,000,000
Probabilistik	1047	32	Rp 1,000,000	Rp 32,000,000	Rp 33,504,000,000

6.2 Saran

Dalam perencanaan pondasi tiang pancang di kemudian hari sebaiknya menggunakan metode probabilistik, yaitu dengan memakai multi faktor angka keamanan atau yang biasa disebut Load Resistance Faktor Design (LRFD). Format LRFD merupakan pendekatan yang konseptual dan konsisten. Konsistensi ini terletak pada perhitungan resiko rencana dan ketidakpastian yang ada pada proses perencanaan dapat dipastikan dengan analisa probabilistik. Perencanaan dengan metode ini menghasilkan kebutuhan tiang yang lebih efisien dan dapat menghemat anggaran biaya.

Sebaiknya dalam perencanaan dengan metode probabilistik ini perhitungan pembebanannya dihitung sendiri dengan mengetahui data beban-bebannya yang berupa beban mati, beban hidup, beban gempa, dll. Hal ini bertujuan agar dalam memasukkan faktor-faktor pengali bebannya bisa lebih terdetail lagi. Sehingga hasil perhitungan daya dukung ijinnya pun akan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. 1983. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2007. *Mekanika Tanah II Edisi IV*. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Analisa dan Perencanaan Pondasi Bagian II*. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Untung, Djoko. 2012. *Bahan Ajar Rekayasa Pondasi dan Timbunan*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
- Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
- Lastiasih, Yudhi. 2014. *Metode Load Resistance Factor Design Untuk Perencanaan Pondasi Tiang Bor*. Seminar Nasional. Seminar Nasional Geoteknik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Tabel Perbandingan Q ijin Ø 80 cm BH-2

Depth (m)	N-SPT	Q ijin (BH-2) (ton)								
		Diameter (Ø) 80 cm								
		Mayerhof Bazaara			Luciano Decourt			Reese O'neil		
		Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.
1.0	0.50	17.32	17.32	21.30	9.59	25.44	11.80	0.49	2.77	0.61
1.5	1.00	17.26	17.26	21.23	9.05	13.78	11.13	1.10	3.09	1.35
2.0	2.00	17.67	17.72	21.73	11.12	15.96	13.67	2.43	3.41	2.99
2.5	1.75	17.98	18.09	22.12	13.17	18.12	16.20	2.33	3.74	2.86
3.0	1.50	18.22	18.37	22.41	15.21	20.26	18.70	2.17	4.06	2.67
3.5	1.25	18.37	18.55	22.60	17.22	22.37	21.18	1.95	4.38	2.40
4.0	1.00	18.45	18.63	22.69	19.21	24.47	23.63	1.68	4.71	2.06
4.5	1.00	18.55	18.74	22.81	21.28	26.54	26.17	1.79	5.03	2.20
5.0	1.00	18.65	18.85	22.94	23.25	28.60	28.59	1.91	5.36	2.34
5.5	1.00	18.74	18.96	23.05	25.04	30.64	30.79	2.02	5.68	2.49
6.0	1.00	18.83	19.06	23.16	26.84	32.65	33.01	2.14	6.00	2.63
6.5	1.00	18.92	19.15	23.27	28.66	34.65	35.25	2.25	6.33	2.77
7.0	1.00	19.01	19.24	23.39	30.50	36.64	37.51	2.37	6.65	2.91
7.5	1.00	19.43	19.66	23.90	32.35	38.60	39.80	2.48	6.97	3.05
8.0	1.00	19.47	19.69	23.94	34.19	40.55	42.05	2.60	7.30	3.19
8.5	1.00	18.78	19.00	23.09	36.00	42.48	44.28	2.71	7.62	3.34
9.0	1.00	18.24	18.45	22.44	37.79	44.39	46.49	2.83	7.94	3.48
9.5	1.00	17.86	18.06	21.97	39.57	46.29	48.67	2.94	8.27	3.62
10.0	1.00	17.63	17.83	21.69	41.32	48.17	50.83	3.06	8.59	3.76
10.5	1.00	17.56	17.75	21.60	43.06	50.04	52.96	3.17	8.92	3.90
11.0	1.00	17.47	17.65	21.49	44.78	51.90	55.08	3.29	9.24	4.04
11.5	1.00	17.40	17.54	21.40	46.48	53.74	57.17	3.40	9.56	4.19
12.0	1.00	17.35	17.45	21.34	48.16	55.56	59.24	3.52	9.89	4.33
12.5	1.00	17.32	17.39	21.31	49.83	57.37	61.29	3.63	10.21	4.47
13.0	1.00	17.31	17.35	21.29	51.48	59.17	63.32	3.75	10.53	4.61
13.5	1.00	17.31	17.33	21.29	53.11	60.95	65.33	3.86	10.86	4.75
14.0	1.00	17.32	17.32	21.30	54.73	62.73	67.32	3.98	11.18	4.89
14.5	1.00	17.34	17.34	21.33	56.33	64.49	69.29	4.09	11.50	5.04
15.0	1.00	17.38	17.37	21.38	57.92	66.23	71.24	4.21	11.83	5.18
15.5	1.00	17.43	17.42	21.44	59.49	67.97	73.18	4.32	12.15	5.32
16.0	1.00	17.49	17.48	21.51	61.05	69.69	75.09	4.44	12.48	5.46
16.5	1.00	17.56	17.55	21.60	62.60	71.40	76.99	4.56	12.80	5.60
17.0	1.00	17.65	17.64	21.71	64.13	73.10	78.88	4.67	13.12	5.74
17.5	1.00	17.74	17.74	21.82	65.64	74.79	80.74	4.79	13.45	5.89
18.0	1.00	17.84	17.85	21.94	67.15	76.47	82.59	4.90	13.77	6.03
18.5	1.00	17.95	17.97	22.08	68.64	78.14	84.42	5.02	14.09	6.17
19.0	1.00	18.07	18.09	22.23	70.11	79.80	86.24	5.13	14.42	6.31
19.5	1.00	18.28	18.31	22.49	71.62	81.44	88.09	5.25	14.74	6.45
20.0	1.00	18.58	18.61	22.86	73.15	83.08	89.97	5.36	15.07	6.59
20.5	1.00	18.97	18.99	23.33	74.70	84.71	91.89	5.48	15.39	6.74
21.0	1.00	19.44	19.45	23.91	76.29	86.33	93.83	5.59	15.71	6.88
21.5	1.00	19.90	19.91	24.48	77.86	87.94	95.77	5.71	16.04	7.02
22.0	1.00	20.37	20.37	25.05	79.42	89.54	97.69	5.82	16.36	7.16
22.5	1.25	20.88	20.87	25.68	80.98	91.13	99.61	7.42	16.68	9.13
23.0	1.50	21.43	21.41	26.36	82.54	92.71	101.52	9.08	17.01	11.17
23.5	1.75	22.95	22.91	28.22	84.56	94.28	104.01	10.79	17.33	13.28
24.0	2.00	25.40	25.33	31.24	87.05	95.85	107.08	12.57	17.65	15.46
24.5	2.00	28.74	28.63	35.35	90.00	99.26	110.70	12.80	17.98	15.74
25.0	2.00	32.94	32.78	40.52	93.40	102.67	114.88	13.03	18.30	16.02
25.5	2.00	37.40	37.19	46.00	96.94	106.07	119.24	13.26	18.63	16.31
26.0	2.00	42.11	41.84	51.80	100.60	109.47	123.73	13.49	18.95	16.59
26.5	5.00	47.62	47.28	58.57	104.50	112.85	128.53	34.30	19.27	42.18
27.0	8.00	53.90	53.49	66.29	114.52	122.31	140.86	55.79	19.60	68.63
27.5	11.00	60.58	60.11	74.52	119.55	126.87	147.04	77.98	110.27	95.92
28.0	14.00	67.67	67.12	83.23	124.66	131.43	153.34	100.87	112.06	124.07
28.5	15.00	74.80	74.17	92.00	129.78	136.00	159.63	109.80	113.85	135.05
29.0	16.00	81.89	81.19	100.72	134.91	140.58	165.94	118.96	115.64	146.32

Tabel Perbandingan Q ijin Ø 80 cm BH-2 (Lanjutan)

Depth (m)	N-SPT	Q ijin (BH-2) (ton)								
		Diameter (Ø) 80 cm								
		Mayerhof Bazaara			Luciano Decourt			Reese O'neil		
		Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.
29.5	17.00	89.01	88.24	109.48	140.09	145.16	172.31	128.36	117.44	157.88
30.0	18.00	96.15	95.32	118.27	144.71	149.74	177.99	137.98	119.23	169.71
30.5	17.75	103.12	102.22	126.83	148.71	154.34	182.91	138.11	121.02	169.87
31.0	17.50	109.98	109.02	135.27	152.08	156.46	187.06	138.18	122.81	169.96
31.5	17.25	120.60	119.55	148.33	157.83	158.58	194.13	138.19	124.60	169.97
32.0	17.00	134.88	133.73	165.90	166.35	160.71	204.61	138.15	126.39	169.92
32.5	17.00	152.78	151.52	187.92	177.66	171.75	218.52	140.10	128.19	172.33
33.0	17.00	173.30	171.93	213.15	191.77	182.80	235.87	142.06	129.98	174.74
33.5	17.00	189.06	187.62	232.55	202.73	193.86	249.36	144.02	131.77	177.15
34.0	17.00	200.18	198.68	246.22	210.82	204.92	259.31	145.98	133.56	179.55
34.5	31.50	209.05	207.50	257.14	216.82	208.04	266.69	274.12	135.35	337.17
35.0	46.00	216.28	214.71	266.03	273.58	255.76	336.51	365.14	137.14	449.12
35.5	60.50	225.51	223.90	277.37	278.67	261.83	342.77	486.44	472.50	598.33
36.0	75.00	236.68	235.03	291.11	284.79	267.94	350.29	531.56	478.54	653.82
36.5	60.75	245.42	243.74	301.86	290.32	274.10	357.09	500.92	484.57	616.13
37.0	46.50	252.13	250.44	310.12	217.42	212.75	267.42	388.19	490.60	477.48
37.5	32.25	256.99	255.29	316.10	221.21	216.00	272.09	302.94	190.14	372.61
38.0	18.00	260.03	258.32	319.83	222.12	219.27	273.21	171.15	192.47	210.52
38.5	18.50	263.42	261.71	324.00	220.97	222.53	271.80	178.04	194.80	218.99
39.0	19.00	267.09	265.37	328.52	217.77	219.13	267.86	185.04	197.14	227.60
39.5	19.50	270.51	268.80	332.73	212.17	215.73	260.97	192.16	199.47	236.35
40.0	20.00	273.70	271.99	336.65	208.62	212.34	256.61	199.39	201.80	245.25
40.5	21.00	276.72	275.02	340.37	207.15	208.96	254.79	211.77	204.13	260.48
41.0	22.00	275.72	274.06	339.14	207.75	211.54	255.54	224.39	206.46	276.00
41.5	23.00	271.03	269.41	333.36	210.59	214.12	259.03	237.24	208.80	291.81
42.0	24.00	262.72	261.17	323.14	213.39	216.72	262.47	250.32	211.13	307.90
42.5	22.75	250.57	249.10	308.20	216.00	219.32	265.68	239.91	213.46	295.08
43.0	21.50	241.98	240.57	297.64	218.43	221.93	268.66	229.20	215.79	281.92
43.5	20.25	237.14	235.77	291.69	220.86	224.55	271.66	218.21	218.12	268.39
44.0	19.00	235.95	234.61	290.22	223.22	227.17	274.57	206.93	220.45	254.52
44.5	18.75	238.49	237.15	293.34	225.58	229.79	277.46	206.36	222.79	253.83
45.0	18.50	241.07	239.74	296.51	227.92	232.43	280.34	205.74	225.12	253.06
45.5	18.25	243.69	242.37	299.74	230.25	235.07	283.21	205.06	227.45	252.23
46.0	18.00	246.35	245.04	303.01	232.92	237.71	286.49	204.33	229.78	251.32
46.5	19.00	249.21	247.92	306.53	236.00	240.37	290.28	217.87	232.11	267.98
47.0	20.00	252.15	250.88	310.15	239.51	243.03	294.59	231.64	234.44	284.92
47.5	21.00	254.76	253.51	313.35	243.12	245.69	299.04	245.64	236.78	302.14
48.0	22.00	257.04	255.81	316.16	246.69	248.36	303.43	259.87	239.11	319.64
48.5	23.00	259.00	257.80	318.57	250.22	251.03	307.77	274.33	241.44	337.43
49.0	24.00	261.17	259.99	321.24	268.75	267.28	330.57	289.03	243.77	355.50
49.5	25.00	263.28	262.12	323.84	272.10	269.97	334.68	303.95	246.10	373.86
50.0	26.00	265.35	264.21	326.38	274.84	272.66	338.06	319.10	248.43	392.50
50.5	25.00	267.12	266.00	328.56	276.86	275.35	340.54	309.71	250.77	380.94
51.0	24.00	268.38	267.27	330.10	278.15	278.06	342.12	300.08	253.10	369.10
51.5	23.00	271.90	270.81	334.43	281.65	284.16	346.43	290.23	255.43	356.98
52.0	22.00	277.65	276.59	341.51	287.35	290.26	353.44	280.15	257.76	344.58
52.5	19.75	280.62	279.57	345.16	289.75	293.54	356.40	253.77	260.09	312.14
53.0	17.50	283.17	282.13	348.29	291.71	296.93	358.81	226.88	262.42	279.06
53.5	15.25	285.27	284.26	350.89	293.14	300.46	360.56	199.46	264.76	245.34
54.0	13.00	286.92	285.93	352.91	327.42	340.21	402.73	171.53	267.09	210.98
54.5	25.00	289.72	288.75	356.36	329.34	346.01	405.09	332.75	488.31	409.28
55.0	37.00	293.60	292.65	361.13	332.38	352.38	408.83	496.73	492.54	610.98

Tabel Perbandingan Q ijin Ø 80 cm BH-3

Depth (m)	N-SPT	Q ijin (BH-3) (ton)								
		Diameter (Ø) 80 cm								
		Mayerhof Bazaara			Luciano Decourt			Reese O'neil		
		Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.
1.0	0.75	28.56	28.56	35.13	5.28	8.91	6.50	0.74	2.77	0.91
1.5	1.50	28.59	28.59	35.16	10.90	13.39	13.40	1.65	3.09	2.03
2.0	3.00	29.01	29.01	35.68	12.97	15.45	15.95	3.64	3.41	4.48
2.5	2.75	29.08	29.07	35.77	14.99	17.49	18.44	3.66	3.74	4.50
3.0	2.50	28.89	28.88	35.54	16.97	19.51	20.87	3.61	4.06	4.44
3.5	2.25	28.76	28.75	35.38	18.95	21.51	23.31	3.51	4.38	4.32
4.0	2.00	28.66	28.63	35.25	20.93	23.49	25.74	3.35	4.71	4.12
4.5	1.75	28.55	28.51	35.11	23.03	25.45	28.33	3.13	5.03	3.85
5.0	1.50	28.42	28.38	34.95	25.00	27.40	30.75	2.86	5.36	3.52
5.5	1.25	28.23	28.18	34.72	26.70	29.32	32.85	2.53	5.68	3.11
6.0	1.00	27.98	27.92	34.42	28.42	31.24	34.96	2.14	6.00	2.63
6.5	1.00	27.77	27.70	34.16	30.15	33.13	37.09	2.25	6.33	2.77
7.0	1.00	27.59	27.50	33.94	32.90	37.96	40.47	2.37	6.65	2.91
7.5	1.00	27.85	27.74	34.26	34.60	39.82	42.56	2.48	6.97	3.05
8.0	1.00	27.56	27.43	33.89	36.33	41.67	44.69	2.60	7.30	3.19
8.5	1.00	26.18	26.02	32.20	38.10	43.50	46.86	2.71	7.62	3.34
9.0	1.00	24.95	24.78	30.69	39.06	42.37	48.04	2.83	7.94	3.48
9.5	1.00	23.88	23.68	29.38	40.89	44.17	50.30	2.94	8.27	3.62
10.0	1.00	22.97	22.74	28.25	42.71	45.96	52.53	3.06	8.59	3.76
10.5	1.00	22.21	21.95	27.32	44.50	47.73	54.73	3.17	8.92	3.90
11.0	1.00	21.62	21.33	26.59	46.27	49.49	56.92	3.29	9.24	4.04
11.5	1.00	21.27	20.95	26.16	48.07	51.24	59.13	3.40	9.56	4.19
12.0	1.00	21.20	20.87	26.08	49.89	52.98	61.36	3.52	9.89	4.33
12.5	1.00	21.41	21.07	26.34	51.72	54.70	63.62	3.63	10.21	4.47
13.0	1.00	21.73	21.37	26.73	53.58	56.42	65.91	3.75	10.53	4.61
13.5	1.00	22.15	21.78	27.24	55.46	58.12	68.22	3.86	10.86	4.75
14.0	1.00	22.67	22.28	27.88	57.36	59.80	70.56	3.98	11.18	4.89
14.5	1.25	23.33	22.94	28.70	59.30	61.48	72.93	5.12	11.50	6.30
15.0	1.50	24.14	23.74	29.69	61.26	63.15	75.35	6.31	11.83	7.77
15.5	1.75	25.01	24.61	30.76	63.21	64.80	77.75	7.57	12.15	9.31
16.0	2.00	25.94	25.54	31.90	65.16	66.45	80.15	8.88	12.48	10.92
16.5	2.25	26.92	26.52	33.11	67.11	68.08	82.54	10.25	12.80	12.61
17.0	2.50	27.96	27.56	34.39	69.05	69.71	84.93	11.68	13.12	14.36
17.5	2.75	29.14	28.74	35.84	71.02	71.32	87.36	13.16	13.45	16.19
18.0	3.00	30.45	30.05	37.45	73.00	72.92	89.78	14.70	13.77	18.08
18.5	3.00	31.84	31.45	39.17	74.96	74.52	92.20	15.05	14.09	18.51
19.0	3.00	33.32	32.92	40.98	76.91	76.10	94.60	15.39	14.42	18.93
19.5	3.00	35.11	34.71	43.18	78.96	77.68	97.13	15.74	14.74	19.36
20.0	3.00	37.21	36.81	45.77	81.13	79.25	99.79	16.08	15.07	19.78
20.5	3.25	39.67	39.27	48.79	83.40	80.80	102.59	17.80	15.39	21.89
21.0	3.50	42.38	41.98	52.13	85.80	82.35	105.53	19.57	15.71	24.07
21.5	3.75	45.42	45.03	55.87	88.35	83.90	108.67	21.40	16.04	26.32
22.0	4.00	48.78	48.40	60.00	91.09	85.43	112.05	23.29	16.36	28.65
22.5	5.00	52.60	52.23	64.69	94.07	86.95	115.70	29.69	16.68	36.52
23.0	6.00	56.85	56.52	69.93	97.27	88.47	119.64	36.32	17.01	44.67
23.5	7.00	61.85	61.57	76.07	100.85	89.98	124.05	43.18	17.33	53.11
24.0	8.00	67.55	67.36	83.09	104.78	91.48	128.88	50.27	17.65	61.83
24.5	9.25	74.00	73.91	91.02	109.08	94.83	134.17	59.18	17.98	72.80
25.0	10.50	81.27	81.30	99.96	113.74	98.18	139.90	68.39	18.30	84.12
25.5	11.75	88.40	88.56	108.73	118.26	101.52	145.46	77.89	18.63	95.80
26.0	13.00	95.41	95.69	117.35	122.53	104.85	150.71	87.67	18.95	107.84
26.5	15.25	102.46	102.89	126.03	126.60	108.18	155.72	104.60	19.27	128.66
27.0	17.50	109.48	110.06	134.67	141.04	117.58	173.48	122.05	19.60	150.12
27.5	19.75	116.61	117.34	143.43	145.28	122.08	178.70	140.02	110.27	172.22
28.0	22.00	123.84	124.73	152.32	149.28	126.59	183.62	158.50	112.06	194.96
28.5	21.00	130.61	131.66	160.65	152.89	131.10	188.05	153.72	113.85	189.07
29.0	20.00	136.70	137.90	168.14	156.09	135.62	191.99	148.70	115.64	182.90

Tabel Perbandingan Q ijin Ø 80 cm BH-3 (Lanjutan)

Depth (m)	N-SPT	Q ijin (BH-3) (ton)								
		Diameter (Ø) 80 cm								
		Mayerhof Bazaara			Luciano Decourt			Reese O'neil		
		Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.
29.5	19.00	142.52	143.88	175.30	159.21	140.14	195.83	143.46	117.44	176.45
30.0	18.00	146.16	147.64	179.78	160.54	143.39	197.47	137.98	119.23	169.71
30.5	17.50	149.54	151.14	183.94	161.52	146.65	198.67	136.16	121.02	167.48
31.0	17.00	152.58	154.29	187.68	162.13	147.43	199.42	134.23	122.81	165.10
31.5	16.50	157.27	159.12	193.44	163.97	148.22	201.68	132.18	124.60	162.58
32.0	16.00	163.56	165.60	201.18	167.69	149.01	206.26	130.02	126.39	159.92
32.5	17.00	171.64	173.91	211.12	173.38	155.16	213.26	140.10	128.19	172.33
33.0	18.00	179.04	181.52	220.22	245.97	212.53	302.54	150.42	129.98	185.02
33.5	19.00	183.64	186.27	225.88	256.30	223.18	315.25	160.96	131.77	197.99
34.0	20.00	190.13	192.94	233.86	271.59	244.43	334.05	171.74	133.56	211.24
34.5	33.75	193.03	195.93	237.43	281.23	248.30	345.92	293.70	135.35	361.25
35.0	47.50	193.33	196.26	237.79	293.84	259.46	361.43	377.04	137.14	463.76
35.5	61.25	194.23	197.20	238.90	298.28	264.89	366.88	492.47	472.50	605.74
36.0	75.00	195.72	198.74	240.73	302.37	270.35	371.91	531.56	478.54	653.82
36.5	61.00	196.80	199.86	242.06	308.61	278.79	379.59	502.98	484.57	618.67
37.0	47.00	202.55	205.74	249.13	221.02	203.60	271.85	392.37	490.60	482.61
37.5	33.00	206.37	209.65	253.84	225.09	208.29	276.86	309.98	190.14	381.28
38.0	19.00	208.31	211.63	256.22	226.68	212.99	278.82	180.66	192.47	222.21
38.5	18.25	210.26	213.62	258.62	226.53	217.69	278.63	175.63	194.80	216.03
39.0	17.50	211.83	215.22	260.55	208.50	199.96	256.46	170.43	197.14	209.63
39.5	16.75	215.10	218.55	264.58	206.48	200.11	253.97	165.06	199.47	203.02
40.0	16.00	218.27	221.76	268.47	205.84	200.26	253.18	159.51	201.80	196.20
40.5	16.00	221.42	224.96	272.34	203.70	196.79	250.56	161.35	204.13	198.46
41.0	16.00	222.59	226.13	273.78	203.86	199.29	250.74	163.20	206.46	200.73
41.5	16.00	224.09	227.60	275.63	207.88	201.79	255.69	165.04	208.80	203.00
42.0	16.00	225.91	229.38	277.87	213.72	204.30	262.88	166.88	211.13	205.26
42.5	16.75	228.16	231.60	280.64	221.43	206.82	272.36	176.63	213.46	217.26
43.0	17.50	234.95	238.48	288.99	231.01	209.35	284.14	186.56	215.79	229.47
43.5	18.25	236.75	240.28	291.20	238.93	211.88	293.89	196.66	218.12	241.89
44.0	19.00	239.55	243.13	294.65	245.10	214.42	301.47	206.93	220.45	254.52
44.5	30.00	244.70	248.36	300.98	250.14	216.97	307.67	330.18	222.79	406.12
45.0	41.00	248.98	252.70	306.24	322.44	263.62	396.60	455.97	225.12	560.84
45.5	52.00	254.81	258.63	313.41	327.10	266.18	402.34	524.83	227.45	645.54
46.0	63.00	262.16	266.12	322.46	332.26	268.75	408.68	642.32	229.78	790.05
46.5	51.25	268.15	272.24	329.83	336.46	271.33	413.84	527.78	232.11	649.17
47.0	39.50	272.63	276.81	335.33	292.87	243.38	360.23	457.49	234.44	562.71
47.5	27.75	275.51	279.76	338.87	295.35	245.97	363.28	324.60	236.78	399.25
48.0	16.00	276.82	281.10	340.49	294.69	248.57	362.47	189.00	239.11	232.47
48.5	16.00	278.03	282.34	341.98	291.66	251.17	358.74	190.84	241.44	234.73
49.0	16.00	278.97	283.30	343.13	286.26	253.78	352.10	192.68	243.77	237.00
49.5	16.00	279.74	284.09	344.07	278.60	256.39	342.68	194.53	246.10	239.27
50.0	16.00	280.34	284.70	344.81	273.36	259.01	336.23	196.37	248.43	241.54
50.5	15.50	280.71	285.08	345.28	270.51	261.64	332.73	192.02	250.77	236.18
51.0	15.00	278.61	282.95	342.68	270.06	264.27	332.17	187.55	253.10	230.69
51.5	14.50	276.27	280.58	339.81	274.36	270.30	337.46	182.97	255.43	225.06
52.0	14.00	273.73	277.97	336.69	281.00	276.34	345.64	178.27	257.76	219.28
52.5	14.00	266.09	270.18	327.30	283.62	279.55	348.85	179.89	260.09	221.26
53.0	14.00	260.28	264.22	320.14	286.29	282.87	352.13	181.50	262.42	223.25
53.5	14.00	256.56	260.39	315.57	289.03	286.34	355.51	183.11	264.76	225.23
54.0	14.00	255.32	259.09	314.05	319.16	326.02	392.56	184.73	267.09	227.21
54.5	25.50	258.35	262.13	317.77	323.85	331.76	398.34	339.40	488.31	417.46
55.0	37.00	262.70	266.52	323.12	330.11	338.06	406.04	496.73	492.54	610.98

Tabel Perbandingan Q ijin Ø 80 cm BH-4

Depth (m)	N-SPT	Q ijin (BH-4) (ton)								
		Diameter (Ø) 80 cm								
		Mayerhof Bazaara			Luciano Decourt			Reese O'neil		
		Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.
1.0	0.50	31.80	31.80	39.12	5.72	8.91	7.03	0.49	2.77	0.61
1.5	1.00	33.72	33.72	41.48	12.06	13.27	14.83	1.10	3.09	1.35
2.0	2.00	34.60	34.60	42.56	14.37	15.29	17.68	2.43	3.41	2.99
2.5	2.50	34.58	34.57	42.53	16.50	17.29	20.30	3.32	3.74	4.09
3.0	3.00	34.04	34.01	41.86	20.79	22.81	25.57	4.34	4.06	5.33
3.5	3.50	33.08	33.04	40.69	30.69	37.77	37.75	5.46	4.38	6.72
4.0	4.00	32.41	32.35	39.86	32.31	39.71	39.74	6.70	4.71	8.24
4.5	3.25	31.77	31.70	39.07	34.76	41.64	42.75	5.82	5.03	7.16
5.0	2.50	31.76	31.68	39.07	26.99	27.01	33.20	4.76	5.36	5.86
5.5	1.75	31.52	31.41	38.77	28.96	28.91	35.62	3.54	5.68	4.35
6.0	1.00	31.05	30.92	38.19	30.82	30.78	37.91	2.14	6.00	2.63
6.5	1.00	30.64	30.49	37.69	32.58	32.64	40.07	2.25	6.33	2.77
7.0	1.00	30.28	30.11	37.25	34.23	34.49	42.10	2.37	6.65	2.91
7.5	1.00	30.73	30.53	37.80	35.78	36.32	44.01	2.48	6.97	3.05
8.0	1.00	30.80	30.57	37.88	37.43	38.13	46.03	2.60	7.30	3.19
8.5	1.00	30.14	29.87	37.07	39.16	39.93	48.17	2.71	7.62	3.34
9.0	1.00	29.10	28.80	35.79	40.99	41.72	50.42	2.83	7.94	3.48
9.5	1.00	27.69	27.35	34.05	42.92	43.49	52.79	2.94	8.27	3.62
10.0	1.00	25.90	25.53	31.86	44.82	45.25	55.13	3.06	8.59	3.76
10.5	1.00	23.74	23.33	29.20	46.71	47.00	57.45	3.17	8.92	3.90
11.0	1.00	22.09	21.65	27.17	48.57	48.73	59.74	3.29	9.24	4.04
11.5	1.00	21.14	20.65	26.00	50.49	50.45	62.10	3.40	9.56	4.19
12.0	1.00	20.93	20.41	25.74	52.47	52.16	64.53	3.52	9.89	4.33
12.5	1.00	21.41	20.87	26.33	54.50	53.85	67.04	3.63	10.21	4.47
13.0	1.00	22.08	21.52	27.15	56.60	55.54	69.62	3.75	10.53	4.61
13.5	1.00	22.76	22.18	27.99	58.68	57.21	72.17	3.86	10.86	4.75
14.0	1.00	23.45	22.85	28.84	60.73	58.87	74.70	3.98	11.18	4.89
14.5	1.50	24.26	23.64	29.83	62.79	60.52	77.23	6.14	11.50	7.55
15.0	2.00	25.18	24.55	30.97	64.85	62.16	79.76	8.42	11.83	10.36
15.5	2.50	26.03	25.41	32.02	66.83	63.79	82.20	10.81	12.15	13.30
16.0	3.00	26.84	26.21	33.01	68.73	65.41	84.54	13.32	12.48	16.38
16.5	3.00	27.48	26.85	33.80	70.54	67.02	86.77	13.67	12.80	16.81
17.0	3.00	27.97	27.34	34.40	72.26	68.62	88.89	14.01	13.12	17.23
17.5	3.00	28.96	28.33	35.62	74.21	70.21	91.27	14.36	13.45	17.66
18.0	3.00	30.44	29.80	37.44	76.29	71.79	93.84	14.70	13.77	18.08
18.5	2.50	32.32	31.65	39.75	78.50	73.36	96.56	12.54	14.09	15.42
19.0	2.00	34.57	33.89	42.52	80.84	74.93	99.43	10.26	14.42	12.62
19.5	1.50	36.79	36.10	45.25	83.10	76.48	102.21	7.87	14.74	9.68
20.0	1.00	38.98	38.28	47.95	85.37	78.02	105.01	5.36	15.07	6.59
20.5	2.50	41.54	40.83	51.09	87.73	79.56	107.90	13.69	15.39	16.84
21.0	4.00	44.26	43.55	54.44	90.17	81.09	110.90	22.37	15.71	27.51
21.5	5.50	47.16	46.44	58.00	92.69	82.61	114.01	31.39	16.04	38.61
22.0	7.00	50.22	49.51	61.77	95.39	84.12	117.33	40.76	16.36	50.13
22.5	7.25	53.21	52.51	65.44	98.21	85.62	120.80	43.05	16.68	52.95
23.0	7.50	56.28	55.61	69.23	101.15	87.12	124.42	45.40	17.01	55.84
23.5	7.75	64.27	63.71	79.05	106.73	88.61	131.28	47.80	17.33	58.80
24.0	8.00	72.12	71.72	88.70	112.04	90.09	137.81	50.27	17.65	61.83
24.5	8.25	82.78	82.65	101.82	118.65	92.46	145.94	52.79	17.98	64.93
25.0	8.50	96.35	96.61	118.52	126.57	94.83	155.68	55.37	18.30	68.10
25.5	8.75	107.56	108.16	132.30	132.94	97.18	163.52	58.00	18.63	71.34
26.0	9.00	116.46	117.35	143.24	137.97	99.53	169.70	60.70	18.95	74.66
26.5	25.50	129.54	130.82	159.34	144.38	102.84	177.59	174.91	19.27	215.14
27.0	42.00	135.41	136.92	166.55	252.45	139.74	310.52	292.92	19.60	360.29
27.5	58.50	141.27	143.03	173.76	260.42	147.65	320.32	374.31	110.27	460.40
28.0	75.00	147.12	149.16	180.96	268.50	155.56	330.26	426.00	112.06	523.98
28.5	60.75	151.71	154.03	186.61	275.82	163.47	339.26	401.17	113.85	493.44
29.0	46.50	155.49	158.04	191.25	282.37	171.38	347.31	311.84	115.64	383.56

Tabel Perbandingan Q ijin Ø 80 cm BH-4 (Lanjutan)

Depth (m)	N-SPT	Q ijin (BH-4) (ton)								
		Diameter (Ø) 80 cm								
		Mayerhof Bazaara			Luciano Decourt			Reese O'neil		
		Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.
29.5	32.25	162.68	165.60	200.09	170.54	124.29	209.77	243.50	117.44	299.50
30.0	18.00	167.47	170.67	205.99	171.50	128.17	210.95	137.98	119.23	169.71
30.5	17.50	172.14	175.60	211.73	172.53	132.06	212.21	136.16	121.02	167.48
31.0	17.00	176.68	180.39	217.32	172.04	135.05	211.61	134.23	122.81	165.10
31.5	16.50	184.73	188.79	227.22	172.25	138.06	211.87	132.18	124.60	162.58
32.0	16.00	191.56	195.95	235.62	173.15	140.10	212.98	130.02	126.39	159.92
32.5	16.25	200.46	205.24	246.57	176.74	146.17	217.39	133.92	128.19	164.73
33.0	16.50	206.56	211.71	254.07	181.02	151.27	222.66	137.88	129.98	169.60
33.5	16.75	210.65	216.05	259.10	186.20	156.39	229.03	141.90	131.77	174.54
34.0	17.00	214.32	219.96	263.61	193.03	165.14	237.43	145.98	133.56	179.55
34.5	31.50	213.96	219.67	263.17	198.53	167.95	244.19	274.12	135.35	337.17
35.0	46.00	209.60	215.19	257.81	330.21	281.45	406.16	365.14	137.14	449.12
35.5	60.50	208.39	213.94	256.32	335.07	287.05	412.14	486.44	472.50	598.33
36.0	75.00	206.69	212.17	254.22	340.70	292.66	419.06	531.56	478.54	653.82
36.5	60.75	208.58	214.12	256.56	346.13	298.31	425.74	500.92	484.57	616.13
37.0	46.50	215.36	221.12	264.89	237.93	204.33	292.65	388.19	490.60	477.48
37.5	32.25	220.30	226.23	270.97	242.16	207.72	297.86	302.94	190.14	372.61
38.0	18.00	223.45	229.47	274.84	242.71	211.12	298.53	171.15	192.47	210.52
38.5	18.75	226.92	233.05	279.11	244.20	215.81	300.37	180.45	194.80	221.95
39.0	19.50	230.51	236.77	283.53	226.19	198.06	278.21	189.91	197.14	233.59
39.5	20.25	233.79	240.15	287.56	225.20	198.20	277.00	199.55	199.47	245.44
40.0	21.00	236.75	243.21	291.20	225.36	198.34	277.19	209.36	201.80	257.51
40.5	21.50	239.36	245.91	294.42	223.76	194.85	275.23	216.82	204.13	266.68
41.0	22.00	238.01	244.50	292.75	224.18	197.34	275.74	224.39	206.46	276.00
41.5	22.50	237.95	244.42	292.68	226.99	199.83	279.20	232.09	208.80	285.46
42.0	23.00	236.03	242.41	290.31	229.88	202.33	282.75	239.89	211.13	295.07
42.5	21.50	232.02	238.23	285.38	232.72	204.83	286.25	226.72	213.46	278.87
43.0	20.00	230.18	236.31	283.12	235.52	207.34	289.69	213.21	215.79	262.25
43.5	18.50	227.17	233.17	279.42	239.16	209.87	294.16	199.35	218.12	245.20
44.0	17.00	225.94	231.89	277.90	241.53	211.14	297.09	185.14	220.45	227.73
44.5	18.00	229.08	235.14	281.77	244.53	212.43	300.77	198.11	222.79	243.67
45.0	19.00	232.98	239.17	286.56	262.57	226.03	322.96	211.30	225.12	259.90
45.5	20.00	235.85	242.15	290.10	265.51	226.91	326.58	224.73	227.45	276.42
46.0	21.00	240.35	246.82	295.63	270.55	229.47	332.78	238.38	229.78	293.21
46.5	27.75	243.93	250.53	300.03	274.75	232.03	337.94	318.20	232.11	391.39
47.0	34.50	243.41	250.01	299.40	368.58	305.46	453.36	399.58	234.44	491.48
47.5	41.25	243.04	249.64	298.95	371.75	307.50	457.25	482.51	236.78	593.49
48.0	48.00	242.82	249.41	298.67	374.80	309.55	461.01	509.09	239.11	626.18
48.5	40.25	242.31	248.89	298.04	377.17	311.59	463.92	480.09	241.44	590.50
49.0	32.50	244.94	251.62	301.27	289.43	242.80	356.00	391.39	243.77	481.41
49.5	24.75	246.95	253.72	303.75	291.88	245.39	359.02	300.91	246.10	370.12
50.0	17.00	248.38	255.19	305.50	292.43	247.99	359.69	208.64	248.43	256.63
50.5	17.25	250.15	257.03	307.68	294.46	252.26	362.18	213.70	250.77	262.85
51.0	17.50	251.72	258.67	309.62	295.66	256.54	363.67	218.81	253.10	269.14
51.5	17.75	255.46	262.54	314.22	298.63	264.22	367.32	223.98	255.43	275.50
52.0	18.00	261.34	268.61	321.45	305.16	271.90	375.35	229.21	257.76	281.93
52.5	18.00	263.55	270.90	324.16	305.53	275.09	375.80	231.28	260.09	284.48
53.0	18.00	264.21	271.60	324.97	307.37	278.39	378.07	233.36	262.42	287.03
53.5	18.00	266.48	273.95	327.77	311.14	281.84	382.71	235.43	264.76	289.58
54.0	18.00	267.75	275.27	329.33	315.09	285.46	387.56	237.50	267.09	292.13
54.5	30.50	269.23	276.79	331.15	320.15	290.49	393.79	405.95	488.31	499.32
55.0	43.00	273.22	280.91	336.07	361.67	333.49	444.86	517.84	492.54	636.94

Tabel Perbandingan Q ijin Ø 80 cm BH-5

Depth (m)	N-SPT	Q ijin (BH-5) (ton)								
		Diameter (Ø) 80 cm								
		Mayerhof Bazaara			Luciano Decourt			Reese O'neil		
		Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.
1.0	2.00	69.77	69.77	85.82	11.74	8.91	14.44	1.97	2.77	2.42
1.5	4.00	68.28	68.28	83.98	17.10	13.44	21.03	4.40	3.09	5.41
2.0	8.00	65.85	66.03	80.99	40.71	32.05	50.07	9.72	3.41	11.95
2.5	7.00	62.94	63.22	77.42	41.13	34.10	50.59	9.31	3.74	11.45
3.0	6.00	61.24	61.55	75.32	22.44	19.60	27.61	8.67	4.06	10.67
3.5	5.00	59.78	60.10	73.53	24.24	21.61	29.82	7.80	4.38	9.60
4.0	4.00	58.42	58.74	71.86	26.09	23.60	32.09	6.70	4.71	8.24
4.5	3.25	57.16	57.47	70.30	28.18	25.58	34.66	5.82	5.03	7.16
5.0	2.50	55.85	56.20	68.70	29.93	27.54	36.82	4.76	5.36	5.86
5.5	1.75	54.48	54.85	67.01	31.03	29.48	38.17	3.54	5.68	4.35
6.0	1.00	53.02	53.40	65.22	32.25	31.40	39.66	2.14	6.00	2.63
6.5	1.00	51.74	52.12	63.64	33.59	33.31	41.32	2.25	6.33	2.77
7.0	1.00	50.60	50.97	62.24	35.07	35.20	43.13	2.37	6.65	2.91
7.5	1.00	50.06	50.44	61.58	36.71	37.07	45.16	2.48	6.97	3.05
8.0	1.00	48.19	48.57	59.28	38.49	38.93	47.34	2.60	7.30	3.19
8.5	1.00	43.58	43.95	53.60	40.39	40.78	49.68	2.71	7.62	3.34
9.0	1.00	39.74	40.10	48.87	42.43	42.60	52.18	2.83	7.94	3.48
9.5	1.00	36.57	36.93	44.98	44.56	44.42	54.80	2.94	8.27	3.62
10.0	1.00	34.07	34.42	41.91	46.66	46.22	57.40	3.06	8.59	3.76
10.5	1.25	32.32	32.66	39.75	48.75	48.00	59.97	3.97	8.92	4.88
11.0	1.50	31.13	31.45	38.29	50.83	49.78	62.52	4.93	9.24	6.07
11.5	1.75	30.68	30.91	37.73	52.93	51.54	65.11	5.96	9.56	7.33
12.0	2.00	30.92	31.08	38.03	55.06	53.28	67.72	7.04	9.89	8.66
12.5	2.00	31.73	31.85	39.03	57.21	55.02	70.37	7.27	10.21	8.94
13.0	2.00	32.64	32.72	40.14	59.38	56.74	73.03	7.50	10.53	9.22
13.5	2.00	33.63	33.68	41.36	61.57	58.45	75.73	7.73	10.86	9.51
14.0	2.00	34.71	34.74	42.69	63.74	60.15	78.40	7.96	11.18	9.79
14.5	2.25	35.92	35.94	44.18	65.91	61.84	81.07	9.21	11.50	11.33
15.0	2.50	37.28	37.28	45.86	68.06	63.51	83.72	10.52	11.83	12.94
15.5	2.75	38.86	38.85	47.80	70.25	65.18	86.41	11.89	12.15	14.63
16.0	3.00	40.66	40.65	50.02	72.51	66.83	89.19	13.32	12.48	16.38
16.5	3.25	42.68	42.66	52.49	74.84	68.47	92.06	14.80	12.80	18.21
17.0	3.50	44.79	44.77	55.09	77.25	70.11	95.01	16.35	13.12	20.11
17.5	3.75	47.00	46.99	57.82	79.73	71.73	98.06	17.95	13.45	22.07
18.0	4.00	49.32	49.32	60.67	82.24	73.34	101.15	19.60	13.77	24.11
18.5	4.50	51.79	51.81	63.70	84.80	74.94	104.30	22.57	14.09	27.76
19.0	5.00	54.51	54.56	67.05	87.40	76.54	107.51	25.66	14.42	31.56
19.5	5.50	57.47	57.57	70.69	90.06	78.12	110.77	28.86	14.74	35.49
20.0	6.00	60.67	60.83	74.63	92.76	79.70	114.09	32.17	15.07	39.57
20.5	6.50	64.10	64.34	78.85	95.51	81.26	117.48	35.60	15.39	43.79
21.0	7.00	67.67	67.99	83.24	98.32	82.82	120.93	39.14	15.71	48.15
21.5	7.50	71.59	72.02	88.06	101.29	84.37	124.59	42.80	16.04	52.65
22.0	8.00	75.86	76.41	93.31	104.39	85.91	128.41	46.58	16.36	57.29
22.5	8.50	80.46	81.17	98.96	107.63	87.44	132.39	50.47	16.68	62.08
23.0	9.00	85.39	86.28	105.03	111.00	88.97	136.53	54.48	17.01	67.00
23.5	9.50	90.49	91.60	111.30	114.43	90.49	140.75	58.60	17.33	72.07
24.0	10.00	95.77	97.13	117.79	117.91	91.99	145.03	62.83	17.65	77.28
24.5	11.25	101.35	102.97	124.66	121.49	95.36	149.43	71.98	17.98	88.54
25.0	12.50	107.15	109.04	131.79	133.67	102.31	164.41	81.42	18.30	100.15
25.5	13.75	112.95	115.13	138.92	137.83	106.28	169.53	91.15	18.63	112.11
26.0	15.00	118.75	121.22	146.06	141.95	110.24	174.60	101.16	18.95	124.43
26.5	15.75	124.46	127.24	153.09	146.01	114.19	179.60	108.03	19.27	132.88
27.0	16.50	130.09	133.18	160.01	150.01	118.14	184.51	115.08	19.60	141.54
27.5	17.25	135.71	139.11	166.92	153.99	122.64	189.41	122.29	110.27	150.42
28.0	18.00	141.31	145.01	173.81	157.81	127.16	194.11	129.68	112.06	159.51
28.5	18.00	146.77	150.78	180.53	161.44	131.68	198.57	131.76	113.85	162.06
29.0	18.00	152.10	156.39	187.08	164.86	136.20	202.78	133.83	115.64	164.61

Tabel Perbandingan Q ijin Ø 80 cm BH-5 (Lanjutan)

Depth (m)	N-SPT	Q ijin (BH-5) (ton)								
		Diameter (Ø) 80 cm								
		Mayerhof Bazaara			Luciano Decourt			Reese O'neil		
		Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.	Konv.	Sta.	Pro.
29.5	18.00	157.03	161.60	193.15	167.88	140.73	206.49	135.91	167.44	167.16
30.0	18.00	159.77	164.50	196.52	169.15	143.99	208.05	137.98	119.23	169.71
30.5	18.25	162.26	167.14	199.58	170.19	147.25	209.34	142.00	121.02	174.66
31.0	18.50	164.28	169.29	202.06	171.01	148.04	210.34	146.07	122.81	179.67
31.5	18.75	167.04	172.21	205.46	172.59	148.83	212.28	150.21	124.60	184.76
32.0	19.00	173.61	179.09	213.53	177.60	150.92	218.45	154.40	126.39	189.91
32.5	18.25	181.43	187.26	223.16	184.07	161.92	226.41	150.41	128.19	185.00
33.0	17.50	188.58	194.70	231.96	274.57	254.17	337.72	146.24	129.98	179.88
33.5	16.75	193.91	200.20	238.50	287.24	278.22	353.31	141.90	131.77	174.54
34.0	16.00	197.43	203.83	242.84	296.53	302.26	364.74	137.39	133.56	168.99
34.5	23.25	199.48	205.93	245.36	302.71	306.44	372.33	202.33	135.35	248.86
35.0	30.50	203.74	210.35	250.60	246.11	241.45	302.71	268.93	137.14	330.78
35.5	37.75	209.21	216.01	257.33	250.18	247.47	307.73	337.21	472.50	414.76
36.0	45.00	215.87	222.91	265.52	255.17	253.53	313.86	366.44	478.54	450.72
36.5	38.75	221.75	228.98	272.75	262.58	261.64	322.97	355.07	484.57	436.73
37.0	32.50	226.78	234.16	278.94	212.77	204.32	261.70	301.54	490.60	370.89
37.5	26.25	230.82	238.32	283.91	217.79	208.49	267.88	246.58	190.14	303.29
38.0	20.00	233.88	241.47	287.67	221.79	212.66	272.80	190.17	192.47	233.91
38.5	20.75	236.96	244.63	291.46	223.28	215.88	274.64	199.69	194.80	245.62
39.0	21.50	240.31	248.09	295.58	223.70	212.42	275.15	209.39	197.14	257.55
39.5	22.25	245.70	253.67	302.22	223.02	208.97	274.31	219.25	199.47	269.68
40.0	23.00	251.22	259.37	309.00	223.31	205.53	274.67	229.29	201.80	282.03
40.5	23.00	256.75	265.10	315.80	224.54	202.10	276.18	231.94	204.13	285.29
41.0	23.00	261.09	269.58	321.14	226.71	204.63	278.85	234.59	206.46	288.55
41.5	23.00	261.03	269.49	321.07	229.69	207.17	282.52	237.24	208.80	291.81
42.0	23.00	258.97	267.32	318.54	232.42	209.72	285.87	239.89	211.13	295.07
42.5	22.75	254.92	263.10	313.56	234.87	212.28	288.88	239.91	213.46	295.08
43.0	22.50	252.20	260.27	310.21	237.03	214.84	291.55	239.86	215.79	295.03
43.5	22.25	251.99	260.06	309.94	239.81	217.41	294.97	239.76	218.12	294.90
44.0	22.00	251.95	260.03	309.90	241.62	218.73	297.19	239.60	220.45	294.71
44.5	21.00	253.86	262.03	312.25	243.81	220.06	299.88	231.13	222.79	284.29
45.0	20.00	256.03	264.30	314.92	246.38	221.40	303.05	222.42	225.12	273.58
45.5	19.00	258.81	267.21	318.34	249.59	222.75	306.99	213.49	227.45	262.60
46.0	18.00	262.17	270.73	322.47	253.47	224.10	311.77	204.33	229.78	251.32
46.5	22.75	266.83	275.60	328.19	258.40	225.45	317.84	260.87	232.11	320.87
47.0	27.50	270.34	279.31	332.51	377.20	300.80	463.96	318.51	234.44	391.76
47.5	32.25	272.52	281.63	335.20	385.47	298.72	474.13	377.23	236.78	464.00
48.0	37.00	276.71	286.06	340.35	399.42	300.81	491.29	437.06	239.11	537.58
48.5	44.50	278.71	288.20	342.81	407.88	302.90	501.69	476.53	241.44	586.14
49.0	52.00	278.62	288.15	342.70	410.85	304.99	505.34	562.19	243.77	691.49
49.5	59.50	279.09	288.68	343.28	415.41	307.08	510.96	649.38	246.10	798.73
50.0	67.00	280.11	289.79	344.54	418.62	309.17	514.91	639.88	248.43	787.05
50.5	54.75	281.13	290.89	345.78	425.35	315.43	523.18	608.77	250.77	748.79
51.0	42.50	286.03	296.06	351.81	318.65	255.88	391.94	531.40	253.10	653.62
51.5	30.25	290.91	301.22	357.82	323.85	263.58	398.33	381.72	255.43	469.51
52.0	18.00	295.78	306.35	363.81	328.63	271.30	404.21	229.21	257.76	281.93
52.5	19.50	299.57	310.33	368.47	331.04	275.77	407.18	250.56	260.09	308.19
53.0	21.00	302.61	313.55	372.21	332.40	280.58	408.86	272.25	262.42	334.87
53.5	22.50	307.47	318.67	378.19	332.36	285.83	408.81	294.29	264.76	361.98
54.0	24.00	312.09	323.53	383.87	375.04	327.69	461.30	316.67	267.09	389.51
54.5	30.50	316.94	328.63	389.84	370.61	333.43	455.85	405.95	488.31	499.32
55.0	37.00	321.42	333.36	395.35	371.69	339.74	457.18	496.73	492.54	610.98

Tabel Data Pembebanan

Point	Fz (kg)	Mx (kgm)	My (kgm)
79	2631314.61	-18443.81	-22557.03
95	2550762.87	36856.54	-91.50
99	2623385.71	-10227.22	-512.16
105	2656552.45	-9374.97	10837.52
110	818439.48	12576.37	12730.60
112	1355974.25	21071.11	-40891.02
114	1433429.92	18887.51	21573.94
116	1477230.89	9085.57	-24746.13
118	1469369.81	7266.94	30724.10
120	1460695.43	18512.39	-20759.06
122	1395267.91	17956.70	-959.71
124	1387621.19	19263.03	-1730.53
127	1399854.01	14853.63	2844.83
129	1771939.34	13437.95	1818.50
133	172681.83	18533.74	-1154.09
135	1568622.81	16384.44	-1234.21
137	886529.56	18402.50	-524.27
139	930621.22	17858.58	625.50
141	929638.24	17778.92	-250.01
143	923378.91	17736.08	1241.65
145	930313.47	17372.97	-2729.66
147	885232.54	15174.38	17745.68
149	858656.70	14665.24	178.84
151	1001767.06	13789.99	-19566.97
157	2511227.90	-2968.77	25138.01
166	1696674.55	43006.10	-27791.46
223	683923.06	-9772.31	-1060.98
265	1121277.03	21135.96	-48032.86
271	575439.55	14461.67	70800.58
278	1591898.76	25011.50	-67309.06
282	675289.53	23692.81	1748.63
286	1767403.80	28091.88	2206.22

Tabel Data Pembebanan (Lanjutan)

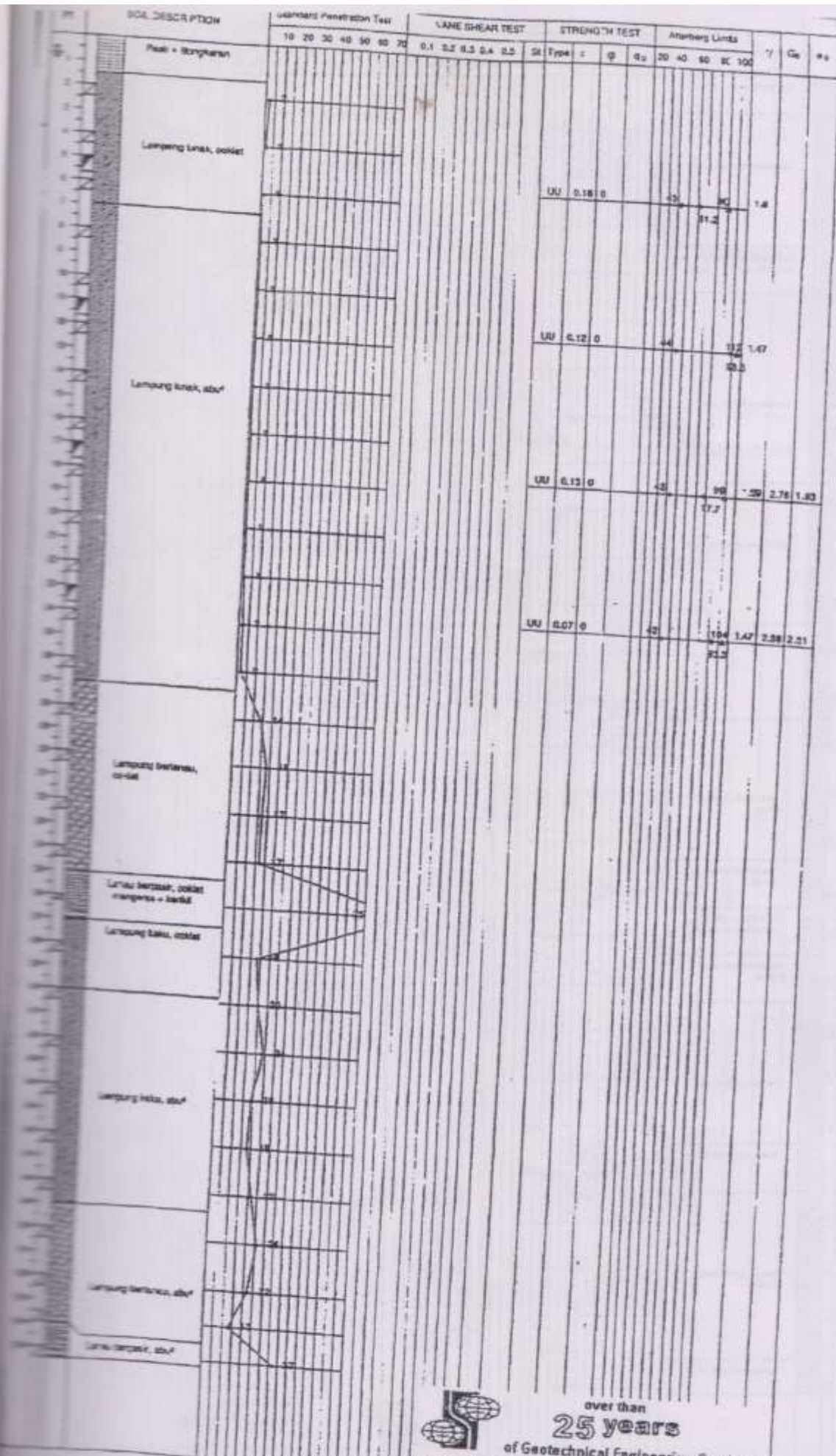
Point	Fz (kg)	Mx (kgm)	My (kgm)
290	645260.95	14624.94	3568.45
293	1651779.36	4432.83	2027.06
298	607318.17	-1148.27	5823.27
303	1613765.15	6460.19	-2353.52
306	2169124.75	-1688.36	2739.74
310	217300.54	-824.58	1374.30
312	1774740.03	5788.24	-6781.27
314	1246307.24	3471.11	2434.32
316	1308790.13	9514.85	-3221.70
318	1339181.21	12585.32	3701.14
320	1353880.78	24853.39	7961.27
322	1322526.00	21845.11	1702.07
324	1159518.58	16648.30	19522.38
326	1080056.17	25488.77	470.15
328	1160515.87	25513.57	-8051.45
338	3385948.95	27696.70	-84191.42
370	3356547.75	-20746.15	82648.05
406	2078513.06	-26393.07	-35190.29
435	312885.68	33239.49	10513.75
487	2917544.87	3522.64	-37017.78
503	2225104.33	4465.84	47236.04
522	1425054.34	3064.98	-4413.33
523	2062571.89	-24800.48	-31984.89
524	2951245.77	-9163.89	-6206.21
547	2238804.30	-23907.47	21498.10
560	3209397.40	-19757.94	16861.07
590	2121749.26	-13245.69	-99116.23
591	2592114.26	-17268.82	15895.71
593	1038209.26	25903.93	59819.04
601	1885732.91	14997.99	71253.66
611	1129786.26	11010.71	-129765.81
618	2668806.98	14057.71	-11092.80

Tabel Data Pembebanan (Lanjutan)

Point	Fz (kg)	Mx (kgm)	My (kgm)
633	186115.26	-22747.26	-972.88
636	3032524.19	-41440.21	38680.45
637	2419440.20	-32364.66	-44514.53
642	3105970.13	-46938.87	-48408.62
649	3383090.13	34298.28	-77953.58
782	3059437.56	45659.68	-57247.81
792	2148305.73	3811.81	14064.89
817	2442060.37	3243.98	-4413.89
818	2720535.20	-11507.24	21355.70
823	1091608.46	51232.82	3408.51
858	2532551.86	-19796.62	12646.64
863	1669942.11	6029.37	136101.37
871	3719698.38	20453.54	-11174.88
888	2380550.50	49050.18	-82622.39
926	3599263.84	11909.98	23364.10
932	3708238.00	9398.05	-18750.98
974	882407.26	121420.27	87817.20
990	1503723.04	2782.66	49076.84
1005	798563.22	-14496.46	-29328.61
1039	1557086.82	2821.74	-92202.64
1112	1212662.35	-42202.51	58555.17
1129	1062436.04	-37656.53	1232.20
1148	1976439.06	-40910.27	-21888.10
1165	2264712.39	-58128.70	-31039.46
1168	1709259.68	-10344.81	8399.51
1178	2368986.66	-59653.77	-1809.58
1193	2321650.76	-51644.85	652.95
1195	2744850.97	16892.43	-71388.40
1203	1524675.41	-25953.94	43911.31
1225	3297800.29	-6194.53	-10908.74
1248	3177473.48	-9329.98	-2548.82
1266	3231226.87	-14640.34	6466.24

Tabel Data Pembebanan (Lanjutan)

Point	Fz (kg)	Mx (kgm)	My (kgm)
1280	3147345.17	15651.53	-336248.97
1288	1593812.06	-48689.33	12997.08
1293	1377860.35	-35063.93	25705.23
1296	1343554.56	-72249.47	-11807.35
1300	1166147.55	-22969.57	8491.70
1303	1021255.10	-17881.91	6732.17
1306	1005511.94	-11709.44	1045.16
1310	868020.88	-3187.65	33526.00
1313	704444.58	468.81	3470.28
1315	746172.19	3889.36	-5554.77
1317	924726.82	7022.84	-22394.10
1318	1058799.28	9879.26	-600.18
1321	1073214.58	12266.59	2255.31
1323	880621.90	12448.71	40474.45
1345	1039865.61	-105902.56	114101.26
1361	843362.20	-11085.89	-59936.37
1367	3062161.14	-37045.81	325813.22
1372	3547550.45	-12336.95	-51534.24
1462	474336.72	-66763.49	-113130.19



Depth (m)	SOIL DESCRIPTION	Standard Penetration Test						VANE SHEAR TEST						STRENGTH TEST				Sierberg Curve				γ	G_s	e_s	
		10	20	30	40	50	60	70	8.1	9.2	9.3	9.4	3.8	28	Type	c	ϕ	ϕ_u	20	40	60				80
0.5	Lempung pasir + gravel																								
1.5	Lempung mentap, coklat														UM	0.23	0		46		68		1.86	2.6	1.41
2.5																					55.2				
7.5	Lempung sedikit berpasir, abu														UM	0.15	0		37		83		1.82		
8.5																					67.3				
13.5	Lempung lunak, abu														UM	0.08	0		30				1.25	1.48	2.73
14.5																					85.2				
19.5	Lempung mentap, abu														UM	0.17	0		41				1.92	1.58	
20.5																					70.1				
24.5	Lempung lekas, coklat																								
29.5																									
30.5	Lempung berlemas, coklat																								
31.5																									
33.5	Pasir sedikit lempung, coklat																								
34.5																									
35.5	Pasir halus, coklat sedikit berpasir + kerikil																								
36.5																									
37.5	Lempung berlemas, coklat																								
38.5																									
40.5																									
42.5	Lempung lekas, abu																								
43.5																									
45.5	Lempu berpasir, coklat																								
46.5																									
48.5																									
50.5	Lempung berlemas, coklat																								
51.5																									
52.5																									
53.5																									
54.5	Lempu berpasir, abu																								
55.5																									



over 25 years
of Geotechnical Engineering Services



INSTITUT TEKNIK SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK
SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTEN

MAHASISWA

Arif Afriyanto
3114106013

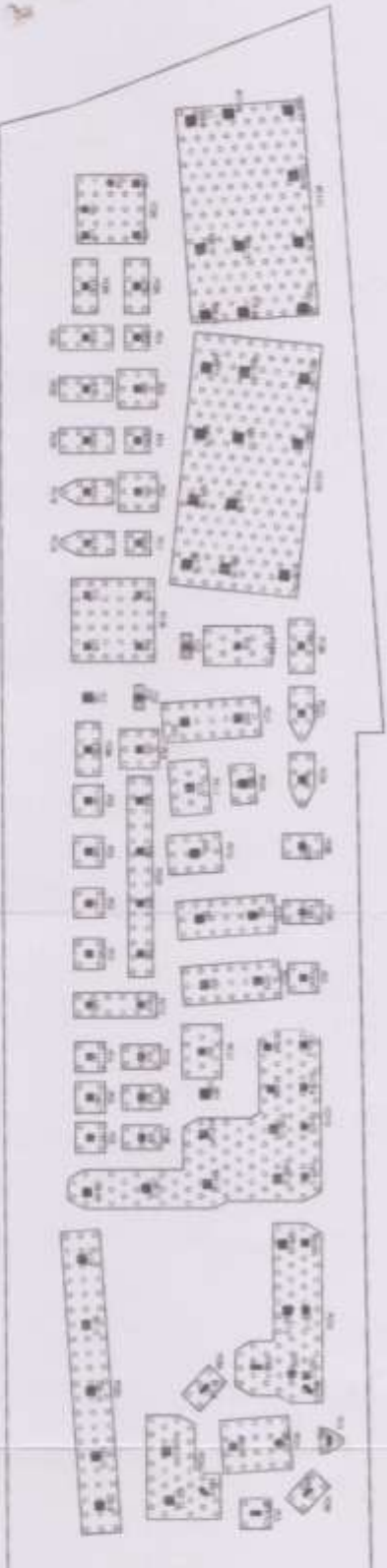
JUDUL GAMBAR

DENAH
PILE CAP

SKALA

1 : 400

LEMBAR JUMLAH



DENAH PILE CAP

BIODATA PENULIS

Arif Afriyanto



Penulis dilahirkan di Banjarnegara, Jawa Tengah, 27 April 1993 dari pasangan Bapak Sudarsono dan Ibu Suwasti, dan merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara.

Penulis menempuh pendidikan formal di SD N 02 Gumiwang, Kecamatan Purwanegara, Kabupaten Banjarnegara, SMP N 1 Banjarnegara, dan SMA N 1 Banjarnegara lulus pada tahun 2011. Penulis mengikuti seleksi penerimaan mahasiswa jalur PB2SMAK Program Diploma Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada dan diterima di Jurusan Teknik Sipil pada tahun 2011.

Penulis menempuh pendidikan di Program Diploma Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada selama 3 tahun, lulus pada November tahun 2014. Setelah lulus dari Program Diploma Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, penulis melanjutkan pendidikannya untuk mengambil Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun ajaran 2014/2015 semester genap.

Penulis terdaftar di Jurusan Teknik Sipil Program Sarjana Lintas Jalur Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan NRP. 3114106013. Apabila ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat berkomunikasi via email (arifafri27@gmail.com).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”